



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Máster

CURSO 2018/2019

*ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN
SISTEMA PARA EL CONTROL DE UN EDAR*

Máster en Ingeniería Industrial

ALUMNO

Carlos Fernández Pazos

TUTORAS/ES

Javier Bouza Fernández

Carolina Camba Fabal

FECHA

SEPTIEMBRE 2019

TÍTULO Y RESUMEN

Título

Estudio del diseño y optimización de un sistema para el control de un EDAR

Resumen

En este trabajo se diseña y se desarrolla un sistema de automatización y control para una Estación Depuradora de Aguas Residuales, "EDAR", de una zona industrial. Previamente se realiza un estudio y análisis de este tipo plantas con objeto definir la configuración de los procesos que engloba la Planta. La solución propuesta, en este Trabajo Fin de Máster, no sólo gobierna la instalación y regula los parámetros clave, como la adición de químicos o el sistema nitrificación-desnitrificación, sino que supervisa su correcto funcionamiento y su seguridad. Todo ello se lleva a cabo mediante el diseño de un SCADA que controla y monitoriza el funcionamiento de la Planta acompañado de un sistema de registros y alarmas que facilitan la toma decisiones humanas si fuese necesario. La solución que se propone se desarrolla con la plataforma de ingeniería Siemens TIA portal y se implementa mediante un controlador programable S7 1200 e instrumentación Siemens, lo cual aumenta la compatibilidad y confiabilidad de los diferentes elementos que componen el sistema. En definitiva, la solución propuesta busca mejorar la eficiencia de los procesos en el tratamiento de aguas residuales industriales así como minimizar los costes de mantenimiento y de supervisión.

Título

Estudo do deseño e optimización dun sistema para o control dun EDAR

Resumo

Neste traballo deséñase e desenrólase un sistema de automatización e control para una Estación Depuradora de Augas Residuais "EDAR" dunha zona industrial. Previamente faise un estudo e una análise deste tipo de plantas co obxectivo de definir a configuración dos procesos que engloban a planta. A solución proposta, neste Traballo de Fin de Máster, non só goberna á instalación e regula os parámetros clave, como a adición de químicos ou o sistema de nitrificación-desnitrificación, senón que supervisa o seu correcto funcionamento e a súa seguridade. Todo elo lévase a cabo mediante o deseño dun SCADA que controla e monitoriza o funcionamento da planta acompañado dun sistema de rexistros e alarmas que facilitan a toma de decisións humanas se fose necesario. A solución que se propón desenrólase coa plataforma de enxeñaría Siemens TIA Portal e impleméntase nun controlador programable S7 1200 e instrumentación Siemens, o cal incrementa a compatibilidade dos diferentes elementos que compoñen o sistema . En definitiva, a solución proposta busca mellorar a eficiencia dos procesos no tratamento de augas residuais industriais así coma minimizar os costes de mantemento e de supervisión.

Title

Design and optimization of the control system for a sewage treatment plant.

Summary

The aim of this project is to design and develop an automatization and control system for a sewage treatment plant to process industrial wastewater. Before this, an analysis and evaluation of this kind of sewage plants is done in order to configurate the whole process. The proposed solution in this master's final project does not only rule the facility and key parameters like chemical injection and nitrification-denitrification systems, but also supervises and ensures their security and performance. This assessment is carried out by a SCADA designed to monitor the plant's functioning and it is equipped with an alarm and data registering system that helps human decision taking.

The provided system is developed using Siemens TIA Portal software and executed in a PLC S7 1200 using Siemens instruments such as electric motors, drives, sensors etc.

To sum up, this project tries to improve industrial wastewater treatment efficiency and effectiveness reducing supervision and maintenance costs.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2018/2019

*ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN
SISTEMA PARA EL CONTROL DE UN EDAR*

Máster en Ingeniería Industrial

Documento

MEMORIA

1. MEMORIA

1.1. ÍNDICE

ÍNDICE DE TÍTULOS

1.	Memoria	7
1.1.	Índice.....	7
1.2.	Antecedentes	11
1.3.	Objetivo	11
1.4.	Autor y Tutores.....	11
1.5.	Promotor	11
1.6.	Estudios y Análisis Previos	12
	EDAR de Vigo Lagares.....	12
	EDAR de Baiona.....	12
	EDAR Bens A Coruña.....	12
1.7.	Descripción del proceso.....	13
	Tipificación de las aguas residuales	13
	Introducción al proceso.....	13
	Fases del proceso.....	14
1.8.	Descripción del Control y funcionamiento.....	19
	Equipos accionados en el sistema de control	20
	Descripción del funcionamiento del sistema de control	21
1.9.	Manual de Operación del SCADA.....	25
1.10.	ANEXO 1: ENSAYOS, SIMULACIONES Y PRUEBAS REALIZADAS	39
	Descripción del modelo.....	39
	Metodología	48
1.11.	ANEXO 2: PROGRAMA DE CONTROL, CÓDIGO Y VARIABLES	55
	Síntesis del algoritmo de control.....	55
	Codificación del algoritmo de control	56
2.	Planos	121
3.	Pliego de condiciones técnicas	141
3.1.	Índice.....	141
3.2.	Condiciones generales.....	143
3.3.	Especificaciones Técnicas en Equipos Mecánicos y Eléctricos	143
	Instalación eléctrica	143
	Tensión en la instalación	143
	Motores y Bombas	143
	Válvulas	146

Sensores	146
Variadores de frecuencia	147
Protecciones	147
Hardware de control.....	147
3.4. Especificaciones Técnicas Constructivas	148
Circulación del fluido.....	148
Balsa de entrada.....	148
Tanques de mezclado.....	148
Colocación de los sensores	148
Válvula de aislamiento manual	148
4. Presupuesto	151

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Pantalla "ESTADO" del SCADA de control.	13
Figura 2: Modelo de rejillas de desbaste	14
Figura 3: Modelo de tamizador de banda continua	14
Figura 4: Modelo explicativo de decantador de vórtice	15
Figura 5: Ejemplo de decantador circular con barredor de fangos.....	16
Figura 6: Ejemplo de EDAR con canales de oxidación	17
Figura 7: Disposición en planta del canal de oxidación implementado.	18
Figura 8: Flujograma e instrumentación de la planta.....	19
Figura 9: Panel de usuario en la pantalla General	27
Figura 10: Panel de gestión de usuarios emergente tras pulsar el botón "USUARIOS"	27
Figura 11: Apariencia de la pantalla "General", concretamente funcionando en ciclo continuo	28
Figura 12: Apariencia del panel "Arranque" en estado de reposo	29
Figura 13: Ventanas de arrancado de motores y bombas en modo manual.....	30
Figura 14: Apariencia de la ventana emergente de arranque manual de ImotorM_30.	31
Figura 15: Apariencia del panel de ajuste de los parámetros dentro del panel "Control de Ph"	31
Figura 16: Apariencia del panel "CONTROL DEL SISTEMA REDUCCIÓN OXIDACIÓN" en la pantalla "CONTROL DE O ₂ Y R".	32
Figura 17: Apariencia del panel de regulación del sistema de recirculación de lodos en la pantalla "CONTROL DE O ₂ Y R"	33
Figura 18: Panel "ALARMAS NO ACUSADAS". Véase el botón de acuse de alarma abajo a la derecha.	34
Figura 19: Panel de pruebas de las variables de entrada	40
Figura 20: Interruptor de emergencia	45
Figura 21: Panel de pruebas incluyendo el sistema potenciómetros-fuente de tensión	45
Figura 22: Conjunto Motor-Variador de frecuencia Micromaster 420	46
Figura 23: GRAFCET de mando	55
Figura 24: Bomba sumergible EBARA DMLEU. Admite sólidos de 3" y bombea un caudal de 1345 galones por minuto.	143
Figura 25: Motor asíncrono trifásico	144
Figura 26: Bomba dosificadora grundfos Smart Digital DDC	144
Figura 27: Agitador SULZER gama SALOMIX®	145
Figura 28: Agitador acelerador de corriente Grundfos gama AMD	145
Figura 29: Aireador SULZER ABS XTA/XTAK	146
Figura 30: Sensor de flotador	146
Figura 31: Variador de frecuencia Siemens Micromaster 420.....	147

Figura 32: PLC Siemens SIMATIC S7 1200.....	148
---	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Válvulas accionadas en el programa de control.....	20
Tabla 2: Motores accionados en el programa de control.....	20
Tabla 3: Sensores implementados en la planta junto a su función.	21
Tabla 4: Situaciones en las que se acciona el paro en el programa de control por fallos de funcionamiento	24
Tabla 5: Accesos acorde al nivel autorización de los usuarios	26
Tabla 6: Alarmas, avisos y textos explicativos	35
Tabla 7: Correspondencia entre las marcas del sistema y las salidas digitales a las que substituyen.....	44
Tabla 8 Correspondencia entre entradas y salidas y dispositivos empleados en la simulación.....	47

1.2. ANTECEDENTES

La depuración de aguas residuales, tanto concebida como un servicio público para las ciudades u otras poblaciones, o como un servicio privado aplicado en la industria, no queda exenta de las tendencias implementadas en los sistemas productivos actuales. Estas tendencias son la automatización y la optimización del proceso, y con ellas se pretende mejorar la eficiencia del mismo empleando la menor cantidad de recursos posibles manteniendo los estándares de calidad más elevados.

Gracias a estas mejoras se facilitan las tareas de mantenimiento y control, se reduce al mínimo el tiempo de actuación frente a los cambios en el sistema y se permite la mejor recopilación de datos y un acceso más reducido a ellos.

Para cumplir todas estas premisas, en este trabajo de fin de máster, se desarrolla el sistema de automatización y control que regula el funcionamiento de un EDAR especialmente diseñado para la depuración de aguas residuales industriales.

1.3. OBJETIVO

La planta diseñada tiene como objetivo la depuración de aguas residuales provenientes de una zona industrial, y está dotada de un sistema de automatización y control cuyas premisas son:

- Manejar el sistema de un modo intuitivo desde un solo panel de mando. Lo que supone un control desde un único punto de los diferentes equipos y actuadores de la planta: motores, válvulas, etc.
- Eliminar posibles errores en el funcionamiento, así como errores humanos que supongan un riesgo en la seguridad del sistema y un posible riesgo de contaminación ambiental.
- Implementar un SCADA de control donde el personal tenga un acceso restringido en función de las competencias otorgadas a su puesto.
- Permitir la regulación de los parámetros clave de la planta, lo que permite optimizar la eficiencia de los procesos eliminando cualquier ineficiencia y reduciendo costes para conseguir el mejor resultado sobre la calidad del efluente.
- Supervisar en tiempo real los valores cuantitativos de PH y Temperatura y realizar un histórico de los mismos, lo que permite detectar aspectos cualitativos del proceso y del funcionamiento del sistema.
- Señalar avisos y alarmas de seguridad para advertir de situaciones anómalas o peligrosas para la instalación. Esto permitirá al operador una toma de decisiones de manera correcta y oportuna.

Además, este proyecto también tiene como objetivo aportar la documentación técnica necesaria para instruir al personal de planta sobre el funcionamiento de la instalación, así como del manejo del SCADA de control.

1.4. AUTOR Y TUTORES

El autor del proyecto es el alumno de Máster en Ingeniería Industrial Carlos Fernández Pazos, y como tutores actúan los Ingenieros Industriales D. Javier Bouza Fernández y Dña. Carolina Camba Fabal, ambos profesores de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de A Coruña.

1.5. PROMOTOR

La promotora del Proyecto, como Trabajo Fin de Máster, es la Escuela Politécnica Superior de Ferrol, dependiente de la Universidad de A Coruña, con domicilio en la calle Mendizábal s/n Esteiro, C.P. 15403 Ferrol (A Coruña) y con código de identificación fiscal Q-6550005-J.

1.6. ESTUDIOS Y ANÁLISIS PREVIOS

Previo al diseño de la instalación se ha hecho un estudio de diferentes Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales. Atendiendo al caudal que procesen, la zona donde estén situadas o la procedencia de las aguas a tratar, los procesos que se llevan a cabo son diferentes. Por ello, el análisis de diferentes referencias es importante de cara al diseño de una solución adaptada a un efluente de una tipología concreta.

EDAR de Vigo Lagares

Esta estación depuradora de Lagares fue creada para tratar las aguas residuales urbanas de Vigo y poblaciones aledañas junto a las aguas de tipo industrial procedentes de las grandes zonas industrializadas de la ciudad.

Características:

Está diseñada para una población equivalente de 800.000 h.e. y con un caudal medio de 345.000m³/d llegando a tratar un caudal punta de 28.800 m³/h.

- **Pretratamiento** con reja de gruesos, tamices para sólidos finos y desarenado-desengrasado.
- **Tratamiento primario** con sistema de coagulación-floculación y decantador laminar.
- **Tratamiento secundario** con biofiltros y eliminación de nitrógeno.
- **Tratamiento avanzado** con eliminación de fósforo y desinfección por UV.
- **Línea de lodos** dotada de espesadores centrífugos, hidrólisis térmica, secado térmico, digestión anaerobia y producción de biogás para la cogeneración.

EDAR de Baiona

Esta instalación es una EDAR de tipo biológico diseñada para tratar las aguas residuales urbanas de la zona de Baiona y alrededores. Se trata de una instalación de pequeño tamaño que vierte el efluente depurado al mar.

Características:

Su capacidad medida en habitantes equivalentes es de 36.000 h.e con un caudal medio de diseño de 7.314m³/d y preparada para un caudal punta de 690m³/d.

- **Pretratamiento** con rejillas, tamizador rotativo y desarenado.
- **Tratamiento primario** NA.
- **Tratamiento secundario** de lodos activos y eliminación de nitrógeno en canal de aireación.
- **Línea de lodos** con espesado y centrifugado para preparar el lodo para su recogida.

EDAR Bens A Coruña

Esta Instalación fue creada para tratar las aguas residuales de los municipios de A Coruña, Oleiros, Arteixo y Culleredo. Parte de estas aguas proceden de diversas áreas industriales como el Polígono Industrial A Grela Bens o Pocomaco.

Características

Esta instalación que vierte el agua tratada al mar, está diseñada para una población equivalente de diseño de 670.000 h.e. con un caudal medio de 130.982m³/d pudiendo admitir un caudal de pico de 8.186 m³/h.

- Cuenta con un sistema de rejillas y tamices y un desarenador-desengrasador que conforman el **pretratamiento**.
- **Tratamiento primario** con decantador primario por gravedad.

- **Tratamiento secundario** de lodos activados en un reactor biológico con una posterior decantación secundaria.
- **Tratamiento avanzado** de radiación UV.
- **Línea de lodos** con centrifugado y secado térmico y un digestor anaerobio que produce biogás cuyo 80% se emplea en la cogeneración de la propia planta.

1.7. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

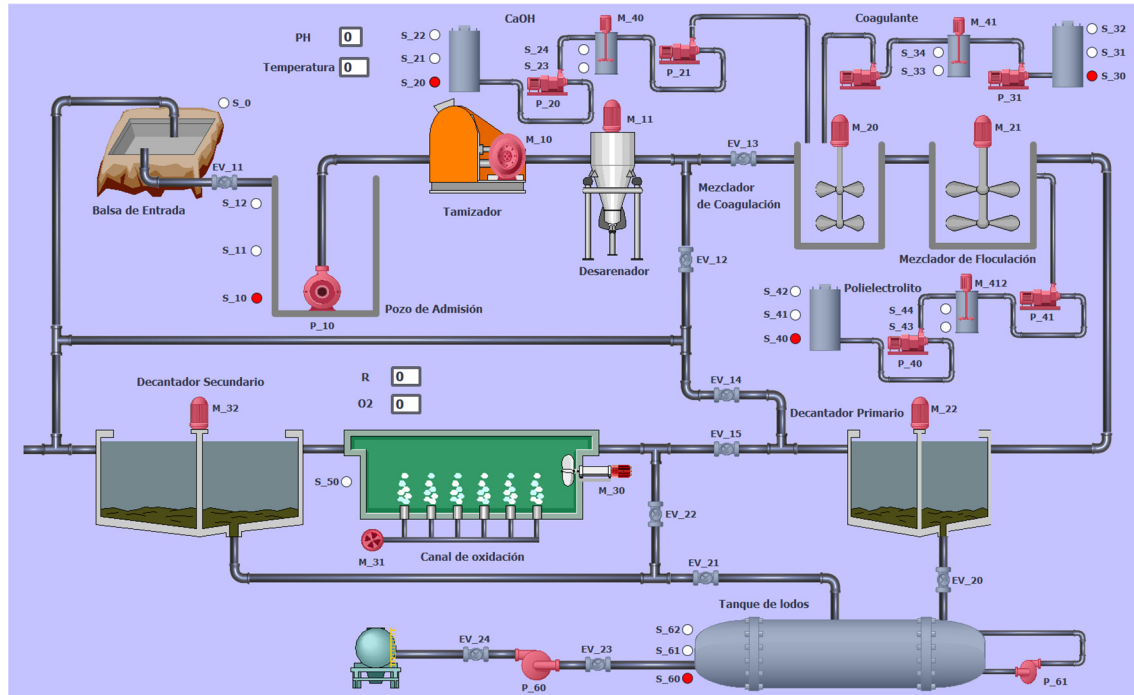


Figura 1: Pantalla "ESTADO" del SCADA de control.

Tipificación de las aguas residuales

La composición de las aguas residuales urbanas (de aquí en adelante ARU) es variable según los consumos, los hábitos poblacionales, las aguas industriales vertidas a la red etc. Principalmente están formadas por aguas residuales domésticas, con alta carga orgánica (biodegradable) y aguas residuales industriales. Cuando estas últimas alteran la composición del efluente no pueden ser asimilables como urbanas y deben recibir un tratamiento diferente.

El objetivo de la configuración de planta proyectada es proporcionar un tratamiento particular a las aguas de zonas con elevada actividad industrial, donde las propiedades de las ARU se ven condicionadas.

Las aguas residuales industriales (ARI) tienen una composición característica que condiciona la tipología de planta a implementar. La concentración orgánica es menor que en el caso de las ARU y contienen una mayor cantidad de sólidos en suspensión, especialmente de tipo inorgánico. Además, contienen una gran concentración de coloides; sólidos de pequeño tamaño no sedimentables por gravedad. Por ello, la solución propuesta cuenta con un tratamiento físico-químico para eliminar esta carga en suspensión, acompañado de un tratamiento biológico para aumentar el rendimiento en la eliminación de la materia orgánica y los sólidos en suspensión.

Introducción al proceso

Se trata de una planta para el tratamiento de aguas industriales de pequeño-mediano tamaño con funcionamiento por gravedad que incluye las fases de:

- **Pretratamiento** con desbaste, desarenado y desengrasado.

- **Tratamiento primario** con proceso de coagulación-floculación y decantación.
- **Tratamiento secundario** de lodos activos con canal de oxidación para eliminación de nutrientes y clarificador circular.

La regulación de caudal se realiza mediante un pozo de admisión provisto un sistema de bombeo que alimenta el proceso. Además, cuenta con un sistema de by-pass que aísla las diferentes etapas por motivos de emergencia o mantenimiento.

Fases del proceso

PRETRATAMIENTO Y ENTRADA A LA PLANTA

El pretratamiento consiste en eliminar de las aguas brutas la mayor cantidad posible de materia que, por su tamaño o naturaleza, condicione los tratamientos posteriores o perjudique a los equipos de la instalación.

Prevía a la entrada de la planta hay una balsa cuyo tramo final es un canal donde se produce el desbaste mediante rejillas para eliminar los elementos voluminosos no bombeables. La limpieza de las rejillas es manual ya que la canalización de las aguas en áreas industriales suele ser cerrada y no se prevé que haya una gran cantidad de gruesos. De necesitarlo, en un futuro se podría implementar un sistema de limpieza automático.



Figura 2: Modelo de rejillas de desbaste

Tras el canal se encuentra la válvula manual EV_11 que abre el paso hacia el pozo de entrada, desde el cual se bombea el agua hacia el tamizador de banda continua. En él, una cinta transportadora de chapas perforadas afina el proceso de eliminación de residuos sólidos.

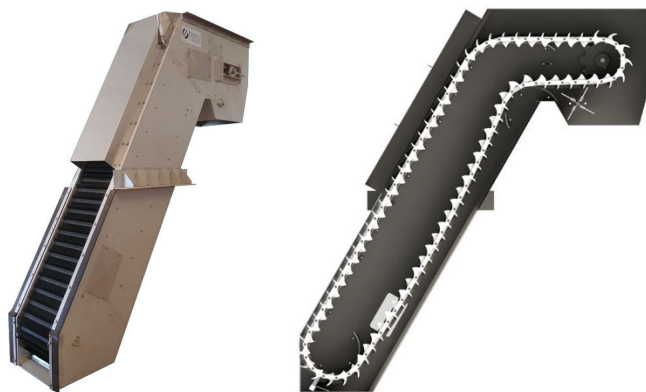


Figura 3: Modelo de tamizador de banda continua

La última etapa del desbaste es el desarenado. En ella se extraen las materias pesadas en suspensión con una granulometría superior a $200\mu\text{m}$ que restan eficiencia a los tratamientos posteriores. Para realizar este proceso se emplea un desarenador de vórtice, un equipo compacto de mucho menor tamaño que un decantador por gravedad que separa estas partículas a una velocidad considerablemente mayor.

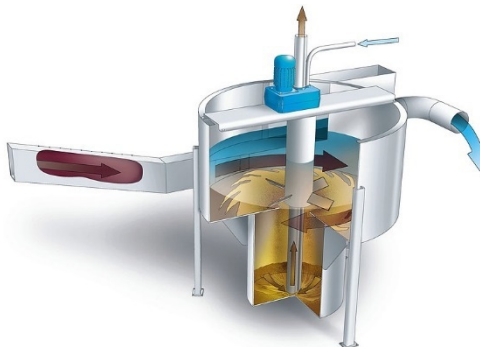


Figura 4: Modelo explicativo de decantador de vórtice

TRATAMIENTO PRIMARIO

En este tratamiento se tiene como objetivo la reducción de los sólidos en suspensión (SS) que debido a su tamaño y densidad no se han eliminado en el pretratamiento. Parte de estos SS son residuos de composición orgánica, con lo que, al ser eliminados reducen la DBO_5 . Para conseguir estos objetivos se llevan a cabo los siguientes procesos.

Corrección de PH

El Ph es un factor crítico que condiciona la eficacia del resto de tratamientos. Cada coagulante tiene un rango de Ph donde su funcionamiento es óptimo, y fuera de él se desperdician los reactivos y el rendimiento del proceso se ve condicionado.

En caso de que el Ph esté fuera del intervalo deseado, un sistema de bombas dosificadoras inyecta una disolución de sosa cáustica (CaOH) en el mezclador de coagulación hasta que los niveles vuelven a ser los deseados. Con esto se consigue una respuesta ante los cambios medidos por la sonda de Ph colocada en el mismo mezclador, y en consecuencia una optimización del proceso.

Coagulación-Floculación

Este proceso facilita la posterior decantación de partículas coloidales o coloides. Este tipo de partículas tienen un potencial eléctrico respecto a la solución que les circunda, lo cual provoca la repulsión entre ellas. Este factor, unido a su baja densidad y tamaño hace que los coloides no puedan precipitar por métodos únicamente físicos.

La coagulación consiste en la adición de iones del signo contrario a la carga de los coloides (coagulantes), neutralizando así su carga y eliminando las repulsiones. De esta manera se facilita la agregación de las partículas coloidales por acción de masas.

Un factor tenido en cuenta es que el tiempo de coagulación es muy corto, y se deben neutralizar la totalidad de los coloides antes de pasar al proceso de floculación, con lo que la velocidad de agitación en el mezclador de coagulación es rápida.

El coagulante es añadido al mezclador a través de un sistema consistente en un tanque donde se almacena la disolución, un mezclador y dos bombas dosificadoras. La elección de este químico debe ser fruto del estudio en laboratorio teniendo en cuenta la naturaleza del agua bruta, requerimientos de la calidad del agua en destino etc.

Una vez que el agua ha pasado por el mezclador de coagulación pasa al de floculación, donde la mezcla se somete a una agitación lenta que mejora la formación de flóculos. Estos son una aglomeración de las partículas coloidales ya neutralizadas, que tras el fin del proceso tienen el tamaño y densidad suficientes para precipitar en el decantador primario.

El químico empleado como floculante e inyectado en el mezclador es un polielectrolito sintético que forma puentes entre las partículas. Al igual que en el proceso previo la inyección de este componente se realiza a través de un sistema provisto de un tanque, un mezclador y dos bombas.

Decantación primaria

Finalmente, la mezcla es llevada al decantador primario, que es un clarificador circular provisto de un barredor que desplaza los fangos hasta una poceta situada en la parte central. Estos lodos son llevados a un tanque a través de una tubería regulada por una válvula.



Figura 5: Ejemplo de decantador circular con barredor de fangos

TRATAMIENTO SECUNDARIO

El propósito del tratamiento secundario o tratamiento biológico es la eliminación de la contaminación orgánica (Reducir la DBO_5) y la contaminación por nutrientes. Estos últimos, entre ellos especialmente el nitrógeno en forma de urea, provocan eutrofización en las aguas donde son vertidos.

Para eliminar estos residuos, este tratamiento cuenta con un proceso de lodos activados y nitrificación-desnitrificación para los cuales se emplea un canal de oxidación y un decantador secundario de tipo circular.

Lodos activados

Este proceso consiste en desarrollar y mantener la concentración de un cultivo bacteriano en forma flocular en el canal de oxidación. Este reactor proporciona los niveles de oxigenación necesarios para la oxidación de la materia orgánica por parte de las bacterias aerobias. Además, cuenta con un impulsor que agita y circula el licor mezcla evitando la sedimentación de los flóculos y mejorando su homogeneización.

Una vez que el influente ha pasado por el canal, se dirige al decantador secundario, de la misma tipología que el primario pero con un diámetro mayor. Tras la sedimentación, los fangos generados en el fondo del clarificador se extraen. Una parte de ellos se llevan al tanque de almacenamiento de lodos y otro porcentaje se recircula al canal de aireación para mantener en él una concentración bacteriana suficiente.

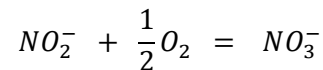
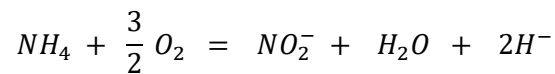


Figura 6: Ejemplo de EDAR con canales de oxidación

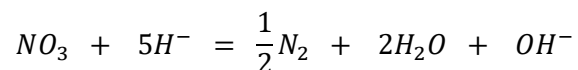
Nitrificación-Desnitrificación

Para eliminar la contaminación por nutrientes se emplea este proceso que consta de dos etapas. La nitrificación consiste en la oxidación del amonio a nitrato gracias a la acción de bacterias autótrofas en presencia de oxígeno. Posteriormente, en una zona anóxica y en presencia de carbono orgánico, se lleva a cabo la desnitrificación, que es la reducción del nitrato por acción de bacterias heterótrofas a nitrógeno molecular gas.

NITRIFICACIÓN



DESNITRIFICACIÓN



En la zona anóxica del canal se coloca una sonda redox, cuya lectura es enviada al programa de control que regula el funcionamiento de un circulador colocado a ese lado del canal. Lo mismo ocurre en la zona con presencia de O_2 , donde una sonda envía una señal al programa de control que regula la inyección de O_2 . A continuación se muestra un esquema con la disposición en planta del canal:

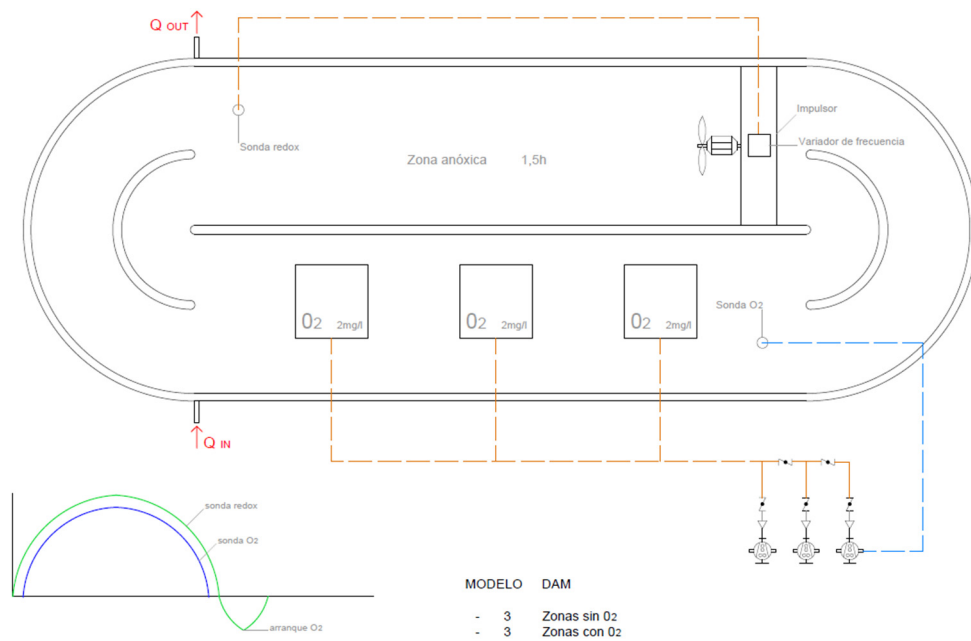


Figura 7: Disposición en planta del canal de oxidación implementado.

EXTRACCIÓN DE LODOS

Los lodos recogidos del decantador primario y secundario son llevados a través de sus respectivos conductos a un tanque de almacenaje provisto de un sistema de circulación para evitar la compactación de los mismos y facilitar su extracción. Los lodos se almacenan a la espera de ser evacuados y transportados a una instalación autorizada donde son procesados.

1.8. DESCRIPCIÓN DEL CONTROL Y FUNCIONAMIENTO

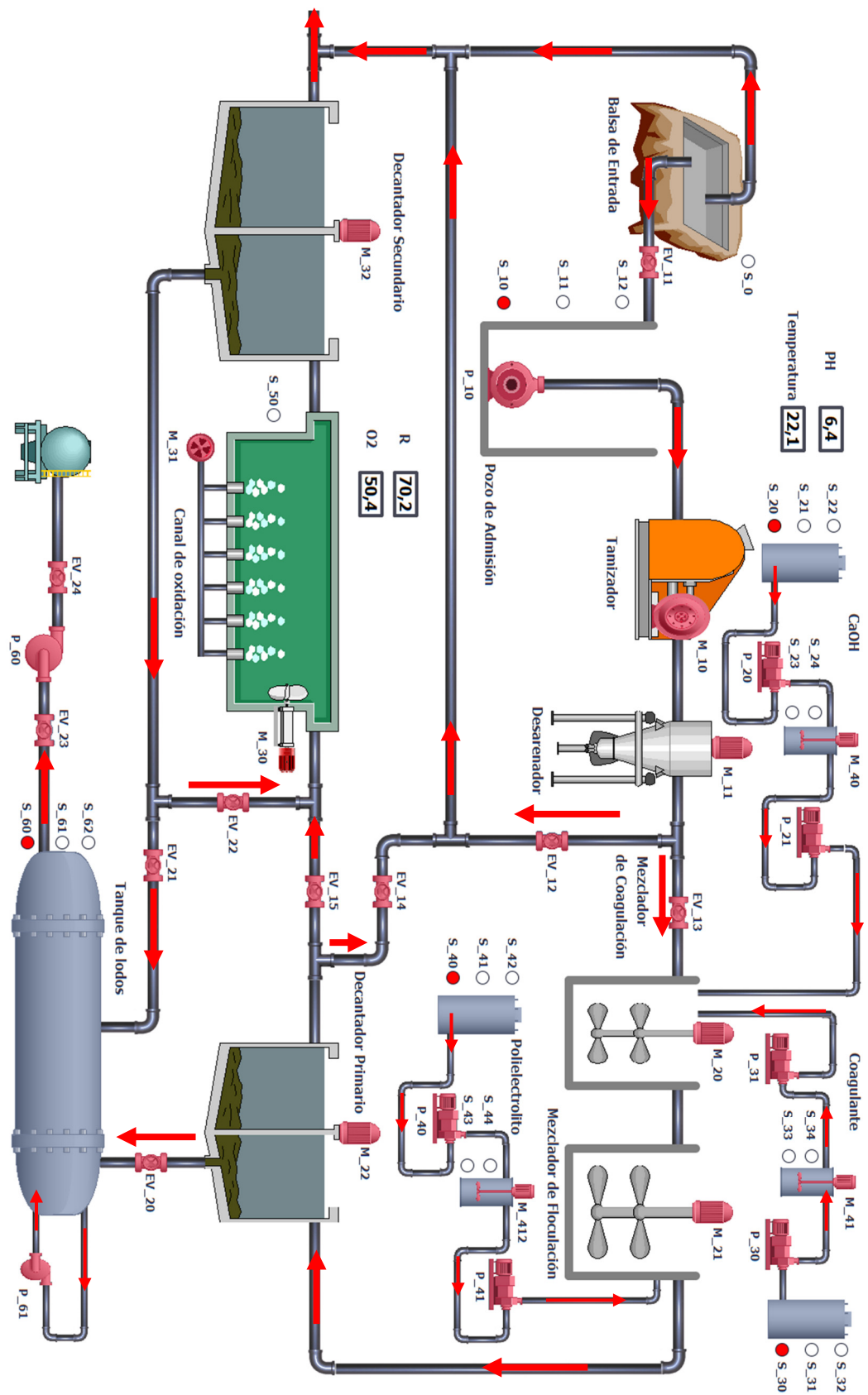


Figura 8: Flujograma e instrumentación de la planta

Equipos accionados en el sistema de control

Para gobernar este sistema se automatiza el funcionamiento de los equipos que se mencionan a continuación cuya disposición se refleja en la figura anterior y en el plano 1 “Flujograma de planta”:

- **Válvulas:** Se emplean para cortar o permitir el paso a través de las tuberías que interconectan las diferentes partes de la planta. Con ellas se aíslan o conectan las diferentes etapas de depurado, se abre o cierra paso a la línea de by-pass, o se aísla la planta por completo.
La localización de las válvulas se detalla en el documento planos, y se enumeran a continuación junto a su estado en reposo:

Válvula	Estado en reposo
EV_11	Normalmente cerrada
EV_12	Normalmente cerrada
EV_13	Normalmente abierta
EV_14	Normalmente cerrada
EV_15	Normalmente abierta
EV_20	Normalmente cerrada
EV_21	Normalmente cerrada
EV_22	Normalmente cerrada
EV_23	Normalmente cerrada
EV_24	Normalmente cerrada

Tabla 1: Válvulas accionadas en el programa de control

- **Bombas:** Las bombas se han empleado en procesos donde es necesario regular el caudal de impulsión o donde la acción de la gravedad no es suficiente para transportar el fluido. A continuación, se enumeran las bombas empleadas también reflejadas en el plano nº1: P_10, P_20, P_21, P_30, P_31, P_40, P_41, P_60 y P_61.
- **Motores:** Se utilizan para accionar algunos de los equipos de la planta. A continuación se enumeran junto al equipo en el que se emplean:

Motor	Equipo
M_10	Tamizador
M_11	Desarenador
M_20	Mezclador de coagulación
M_21	Mezclador de floculación
M_22	Decantador primario
M_30	Impulsor del canal de oxidación
M_31	Sistema de aportación de O ₂
M_32	Decantador secundario

Tabla 2: Motores accionados en el programa de control

- Sensores: Se cuenta con un conjunto de sensores para aportar información útil sobre el estado de la planta. Cada tipo de sensor y su finalidad se detalla en la siguiente tabla:

Sensores	Tipo	Descripción
S_0, S_10, S_11, S_12, S_20, S_21, S_22, S_23, S_24, S_30, S_31, S_32, S_33, S_34, S_40, S_41, S_42, S_43, S_44, S_50, S_60, S_61, S_62	Flotador	Sensores que miden el nivel de líquido en tanques, piscinas, depósitos etc.
Sonda PH	Sonda	Sensor diseñado para medir el PH en un líquido.
Sonda PT 100	Sonda	Sonda que mide la temperatura
Sonda Redox	Sonda	Mide el potencial de oxidación-reducción (redox).
Sensor O ₂	Óptico	Mide la concentración de oxígeno disuelto en el agua.

Tabla 3: Sensores implementados en la planta junto a su función.

Descripción del funcionamiento del sistema de control

ETAPAS DE TRATAMIENTO Y SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE LODOS.

Pretratamiento

En el funcionamiento de esta etapa se deben accionar dos motores, el primero es el M_10, que mueve el mecanismo del tamizador, y el segundo es el M_11 que genera el movimiento rotativo y extrae las arenas en el desarenador.

Tratamiento primario

En este tratamiento se gobiernan los motores M_20, M_21 y M_22, que accionan tres equipos principales que son el mezclador de coagulación, mezclador de floculación, y el decantador primario respectivamente. En este último la válvula EV_20 descarga el lodo generado al tanque de lodos.

Durante el proceso se añaden diferentes químicos necesarios para el proceso de coagulación-floculación, cuyo flujo se regula a través de un sistema de bombas dosificadoras. El caudal de estos químicos se ajusta gracias a los ensayos de DBO₅ (Realizados manualmente), un sensor de PH y un sensor de temperatura PT100.

○ **Sistema de adición de la base CaOH**

El operador u operadora de planta debe introducir un valor de unos niveles de Ph bajo los cuales el proceso funciona de la manera más eficiente. Cuando el nivel de Ph es inferior al mínimo introducido, se bombea una disolución de CaOH hasta que estos niveles vuelven a estar entre los establecidos como objetivo. Este sistema se para cuando el sensor S_20 de nivel mínimo en el depósito deja de dar señal. En su arranque, la bomba aguas abajo de este depósito bombea disolución hasta llenar el tanque de mezclado donde el motor M_40 acciona el removedor. Tras el llenado se activa la bomba P_21 que bombea la disolución hasta el mezclador de coagulación.

- **Sistema de adición de Coagulante y Polielectrolito.**

En estos sistemas el nivel de químicos añadidos a los mezcladores es constante y regulado por el/la operador de planta atendiendo a los parámetros de SS, DBO₅, Ph y temperatura. Los dos primeros parámetros se obtienen en ensayos de laboratorio, y la temperatura y la acidez se obtiene gracias dos sondas situadas en el mezclador de coagulación. Con la salvedad de la regulación de caudal, estos dos procesos tienen un funcionamiento igual al del sistema de adición de base.

Tratamiento secundario

El tratamiento biológico se realiza en el canal de aireación, donde el motor M_30 acciona el impulsor que pone en movimiento el flujo de agua, y un aireador centrífugo regula la cantidad de O₂ a inyectar.

En la zona anóxica de este canal se sitúa una sonda redox, en función de la cual el motor M_30, gracias a un variador de frecuencia, hace que el impulsor gire a más o menos revoluciones. Al otro lado del canal, el centrifugador aporta más o menos caudal de oxígeno en función de la sonda medidora de O₂ disuelto; empleando también un variador de frecuencia. Al poner en funcionamiento este equipo ambos motores no se accionan hasta que se alcanza un nivel de llenado mínimo y el sensor S_50 da señal.

El decantador secundario, de la misma tipología que el primario, se acciona gracias al motor M_32. Además, está comunicado con el tanque de lodos por la válvula EV_21 y con el canal de oxidación por la válvula EV_22. La regulación de la apertura y cierre de estas válvulas ajusta el proceso de lodos activados.

Sistema de almacenamiento y recogida de lodos

La entrada y la salida de fangos del tanque se regula gracias a tres sensores de nivel. La extracción sólo es posible si el nivel está por encima del sensor de mínima (S_60), y la entrada sólo se puede realizar si el nivel está por debajo del sensor de máximo nivel (S_62). Paralelamente, se pone en funcionamiento una bomba recirculadora (P_61) para que los lodos no se compacten en exceso en el interior del tanque.

El sistema de extracción consta de dos válvulas, una aguas abajo (EV24) y otra aguas arriba (EV23) de la bomba de extracción de lodos P_60. Este conjunto se acciona por el operador/a de planta a través del SCADA. Una vez dada la orden se abre la válvula de aspiración EV23 y se abre la válvula EV24 para evitar problemas de cavitación y golpe de ariete y, por último, se pone en funcionamiento la bomba P60.

CONDICIONES Y MODOS DE FUNCIONAMIENTO.

La planta funciona bajo dos **condiciones de funcionamiento: Funcionamiento normal y condiciones de desborde.**

Durante el **funcionamiento normal** la EDAR opera con la bomba del pozo de entrada en funcionamiento y a válvula EV11 abierta para que el influente entre.

En determinadas circunstancias el caudal de entrada a la planta puede superar los máximos previstos admitidos por misma, rebasando el nivel superior del pozo de admisión y activando el sensor S_12. Cuando esto ocurre se opera en **condiciones de desborde**. En este caso, la válvula EV11 situada a la entrada del pozo permanece cerrada, de tal modo que no se detiene el funcionamiento de la bomba y se desagua el exceso de nivel en el pozo. Esta condición permanece hasta que se alcanza el nivel intermedio (S_11) del pozo de entrada, momento en el cual la válvula EV11 se abre y se vuelve al funcionamiento normal.

Cuando la planta se para o está en reposo se desactiva la bomba, se cierra la válvula EV_11 y se activa la condición **bombeo off**

Además de las condiciones de funcionamiento ya mencionadas, la EDAR opera bajo 3 diferentes **modos de funcionamiento**. Estos modos son: **by-pass primario y secundario, by-pass secundario y funcionamiento completo**.

En el **funcionamiento completo**, todos los tratamientos están funcionando al unísono realizando una depuración completa. Las válvulas de entrada a los procesos están abiertas y las válvulas de by-pass cerradas.

El **by -pass primario y secundario** consiste en el aislamiento del tratamiento primario de tal manera que el influente solo pasa por el pretratamiento. Para ello se cierra la válvula de aislamiento EV13 y se abre la válvula EV12.

Análogamente el modo de funcionamiento **by-pass secundario** consiste en aislar este tratamiento de modo que el influente sólo pase por el pretratamiento y tratamiento primario. Para ello se cierra EV15 y se abre EV14.

Cuando la planta se para o está en reposo se pasa al estado **Paro de planta**.

Estos tres modos pueden funcionar en condiciones normales o de desborde, lo que permite una total versatilidad de la planta para labores de mantenimiento individual de cada etapa sin tener que parar toda la instalación.

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE MANDO

Paro.

En la planta hay repartidos una serie de interruptores de emergencia en los equipos principales que se tienen que accionar manualmente. Por otra parte, en el HMI hay un botón de paro. Cuando esto se produce la planta se para por completo, y las válvulas EV_11, EV_12 y EV_14 se cierran, aislando la planta y cerrando el by-pass primario y secundario. El resto de válvulas también se cierran por seguridad.

Además del paro en el SCADA y los interruptores de emergencia, la planta se puede parar si se producen situaciones de peligro para la instalación. Dependiendo del peligro que entrañen, la planta se parará al cabo de un tiempo determinado.

Situación	Riesgo	Tiempo hasta la parada
S_10 no dando señal	Aspiración en vacío de la bomba de entrada	120 segundos
S_12 dando señal	Desborde en pozo de admisión	
S_62 dando señal	Llenado del tanque de lodos	
Disparo del térmico de la bomba P_10	La planta se queda sin alimentación	
Disparo del térmico del motor M_10	Desborde en tamizador al tupirse las rejillas	
Disparo del térmico del motor M_11	Falta de aspiración en el desarenador	

Disparo de los térmicos de los motores M_20, M_21, M_22, M_30, M_31, M_32	Pérdida de eficiencia del proceso y descenso de la calidad del efluente	5 minutos
Disparo de los térmicos de las bombas P_60 y P_61		
Disparo del térmico del conjunto de bombas y agitador del sistema de aportación de base, coagulante y floculante		

Tabla 4: Situaciones en las que se acciona el paro en el programa de control por fallos de funcionamiento

Obligado rearme.

Este es el estado que sucede al paro. Si la parada se realiza por el accionamiento de uno o varios interruptores de emergencia, estos se tienen que desenclavar manualmente para poder pasar a este estado. Su finalidad es indicar que la planta debe llevarse a condiciones iniciales para poder ponerla en funcionamiento.

Rearme

Indica que orden de puesta en condiciones iniciales se está llevando a cabo. Esto conlleva la apertura de las válvulas EV_13 y EV14.

Reposo

Una vez llevada a condiciones iniciales la planta está preparada para su arranque.


Ciclo Continuo (CC)

Para arrancar la máquina en ciclo continuo es necesario que todos los niveles de los tanques del tratamiento primario, secundario, y de los depósitos de adición de base, coagulante y floculante estén por encima del mínimo, y que los sensores S_12 y S_62 no esté dando señal, ya que indican nivel alto en el pozo de admisión y tanque de lodos lleno respectivamente. Además, las seguridades de los motores, es decir, los relés térmicos, no pueden haber disparado. Esto quiere decir que, si se recibe señal de alguno o algunos de los contactos auxiliares normalmente abiertos que se accionan al saltar el térmico, la planta no podría entrar en ciclo continuo.

Manual

Una vez en reposo, si se cumplen las condiciones iniciales, se puede acceder al modo manual, donde se pueden manipular directamente todos los accionamientos en tareas de mantenimiento.

1.9. MANUAL DE OPERACIÓN DEL SCADA

ADVERTENCIA 	Antes de la instalación y la puesta en servicio es necesario leer cuidadosamente el manual y seguir las advertencias.
	No ignorar alarmas, actuar siempre en consecuencia para no dañar la planta y evitar vertidos de efluente no depurado.
	Siempre que se operen los equipos in situ, tras su uso restituir sus condiciones de montaje antes de volver al funcionamiento normal.

El SCADA de esta planta muestra, de una manera intuitiva, el estado los diferentes procesos, así como proporciona una interface donde se pueden modificar los parámetros clave que regulan la eficacia del tratamiento.

Este HMI cuenta con un sistema de avisos y alarmas que informan en todo momento al operador/a de la evolución de niveles en los tanques y depósitos, así como del eventual fallo de funcionamiento en los motores, válvulas o bombas de la instalación.

Todo ello se ha programado en base a una lógica que impide o habilita el acceso a las diferentes pantallas en función del estado de funcionamiento de la planta y el nivel de autorización del usuario, de tal modo que se evite cualquier tipo de operación indebida y se guíe al operador/a en todo momento.

ACCESOS

Acceso acorde a los estados de mando y modos de funcionamiento

El acceso a las diferentes pantallas se realiza desde la pantalla llamada “**General**”, donde figuran los accesos a las siguientes pantallas: **Arranque**, **Manual**, **Estado**, **By-pass Primario**, **By-pass Secundario**, **Control PH**, **Control Coagulante**, **Control Floculante**, **Control O₂ y R**, y, por último, **Extracción de lodos**.

A continuación, se detallan las **condiciones de acceso** a las diferentes pantallas del sistema: en función de las diferentes situaciones en las que se encuentre la planta.

- **Arranque:** Cuando el estado anterior es un paro desde el HMI, un paro debido a una alarma o aviso prolongado o se pulsa una de las setas de emergencia distribuidas por toda la planta.
- **Manual:** Cuando en el panel de arranque se selecciona manual.
- **Estado:** Esta pantalla es siempre accesible para ver el estado general de la planta.
- **By-pass Primario:** Cuando, una vez seleccionado el ciclo continuo, se pulsa en la pantalla principal el icono “**By-pass Primario**” y se pulsa “**Si**” en la ventana emergente.
- **By-pass Secundario:** Cuando, una vez seleccionado el ciclo continuo y si no se está operando en by-pass primario, se pulsa en la pantalla principal el icono “**By-pass Secundario**” y se pulsa “**Si**” en la ventana emergente.
- **Control PH, Control Coagulante y Control Polielectrolito:** Son accesibles sólo cuando se opera en el modo completo y ciclo continuo.
- **Control de O₂ y R:** Es accesible cuando se opera en ciclo continuo y modo de funcionamiento completo.
- **Extracción de lodos:** Se puede acceder a él siempre que se esté operando en ciclo continuo.

Accesos respecto al nivel de autorización de los usuarios.

El nivel de acceso a diferentes pantallas y funciones del SCADA de control viene también dado por el tipo de autorización correspondiente a cada grupo de empleados u empleadas. Particularmente se contemplan tres tipos: administrador/a, operador/a y operario/a. Su acceso a las diferentes funciones se detalla a continuación:

Función	Administrador/a	Operador/a	Operario/a
Navegar por las pantallas en Ciclo Continuo	✓	✓	✓
Operar en modo manual	✓	✓	×
Parar la planta	✓	✓	×
Acceder a panel de Arranque	✓	×	×
Seleccionar Ciclo continuo	✓	×	×
Seleccionar modo Manual	✓	✓	×
Regulación del caudal de PH, Coagulante y floculante	✓	×	×
Extracción de lodos	✓	✓	✓
Parámetros de recirculación de lodos, redox y O ₂	✓	×	×
Seleccionar los By-pass	✓	✓	×

Tabla 5: Accesos acorde al nivel autorización de los usuarios



Figura 9: Panel de usuario en la pantalla General

En la pantalla “general”, hay un panel donde se puede cerrar sesión, iniciar sesión y acceder al control de usuarios. En este último, el administrador/a puede añadir nuevos integrantes, gestionar las contraseñas y regular el tiempo que se tarda en cerrar sesión automáticamente tras haber hecho el Log-In.

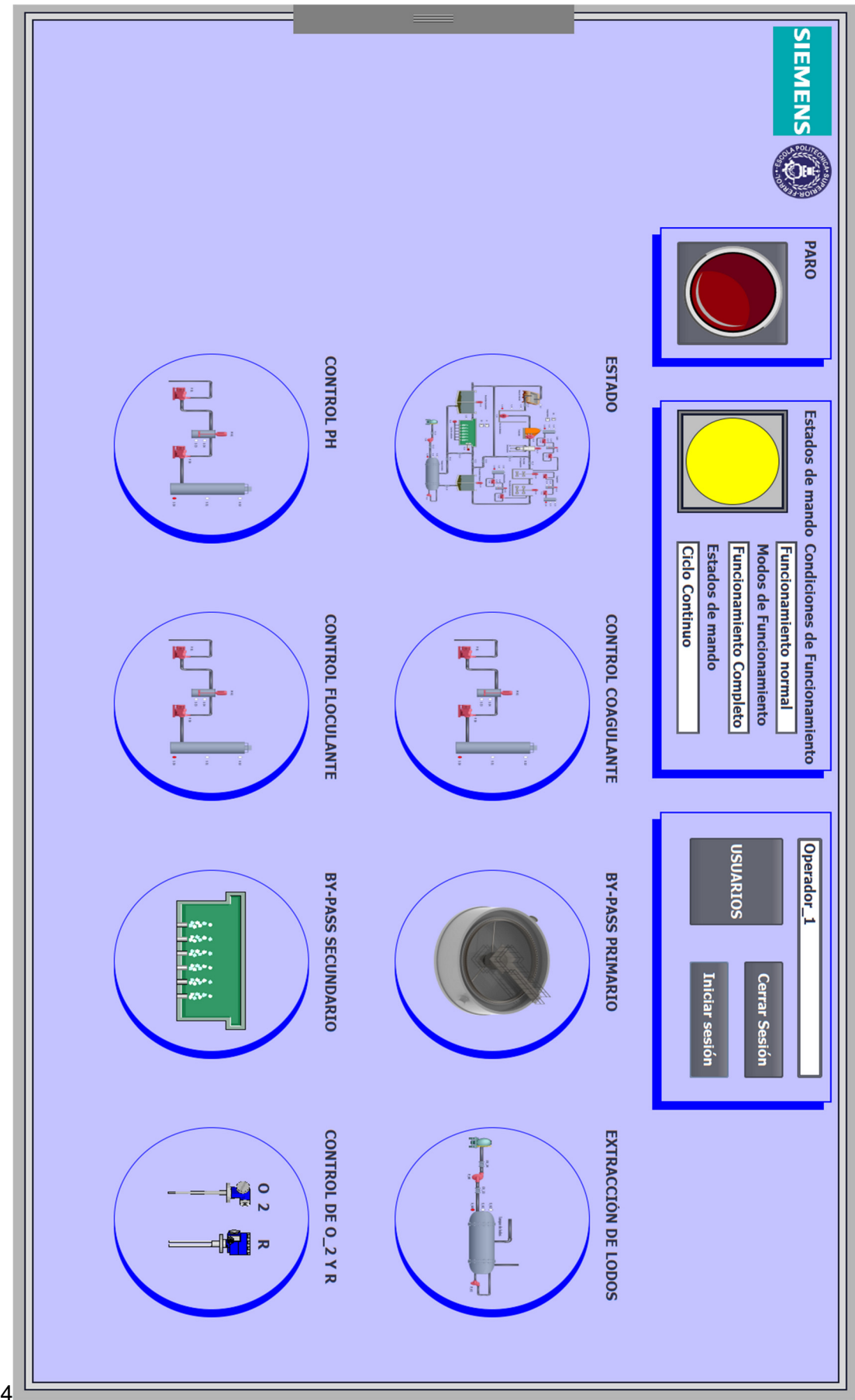


Figura 10: Panel de gestión de usuarios emergente tras pulsar el botón "USUARIOS"

CONTROL Y FUNCIONAMIENTO DE LAS PANTALLAS

General

Como ya se ha mencionado, desde esta pantalla se puede acceder al resto de paneles de control, y desde estos, pulsando el botón “VOLVER”, situado en su extremo inferior izquierdo, se regresa hasta esta pantalla de nuevo.



4

Figura 11: Apariencia de la pantalla "General", concretamente funcionando en ciclo continuo

Además del ya mencionado panel de usuarios, existe un botón de paro, como en el resto de paneles. Por último, como se puede apreciar en la [Figura 4](#) hay un panel donde se informa de las condiciones y modos de funcionamiento junto a los estados de mando. Estos últimos se simbolizan con un indicador circular que varía según estos estados.

ADVERTENCIA 	Este es el código decolores de las condiciones de mando	
	Verde	Reposo
	Rojo intermitente	Accionamiento interruptor emergencia
	Azul intermitente	Obligado rearme
	Azul continuo	Rearme
	Amarillo continuo	Ciclo continuo
	Amarillo intermitente	Manual

Arranque

En el panel de arranque, además del botón de paro y el de regreso al panel general, hay tres botones principales que son: Rearme, CC (Ciclo continuo) y Manual.




Figura 12: Apariencia del panel "Arranque" en estado de reposo

Una vez se ha accedido a este panel sólo aparecerán los botones de selección de ciclo continuo o manual si la planta ha sido rearmada. Las condiciones bajo las cuales se puede accionar son expuestas en apartado [Descripción del funcionamiento del sistema de control](#), funcionamiento del sistema de mando. En caso de no cumplirse estas condiciones al pulsar el botón no se genera respuesta alguna.

En el caso de que el estado de mando sea paro de planta y el indicador sea rojo parpadeante, se debe desenclavar el interruptor de emergencia manualmente para poder rearmar.

Estado

Esta pantalla no permite interacción alguna más allá de regresar a la pantalla general o pulsar el paro. El fin de este panel es comprobar el estado de los diferentes sensores y válvulas, así como el funcionamiento de las bombas y motores.

	ADVERTENCIA El protocolo de apariencia de sensores, bombas, válvulas y motores del panel “Estado” es el utilizado en todos los paneles donde se muestre cualquier parámetro o parte del proceso.
	El sensor S_0 es normalmente cerrado, de tal modo que al no dar señal y mostrarse de color rojo, indica grave peligro de vertido sin depurar a través de línea de by-pass.

Los sensores, cuando no estén dando señal, figurarán de color blanco con la salvedad de los sensores de mínimo nivel S_10, S_20, S_30, S_40 y S_60 que se mostrarán en rojo. Cuando estén activados se volverán de color verde.

Los motores, válvulas y bombas, en funcionamiento serán de color gris, y cuando estén apagados o no conduzcan fluido, se representarán de color rojo.

Manual

En este panel se muestra el flujograma completo, y se permite accionar las válvulas, las bombas y los motores, así como comprobar el estado de los sensores. Sin embargo, no se pueden modificar los parámetros de funcionamiento de las bombas o motores ni los diferentes tiempos de temporización.

Para abrir una válvula o arrancar un motor se hace “click” sobre el elemento en cuestión, abriéndose una ventana emergente como las que se muestran a continuación, donde pulsando en el gráfico del equipo, este pasa del estado “parado” a “arrancado” y viceversa.



Figura 13: Ventanas de arrancado de motores y bombas en modo manual

En el caso de que los motores lleven variadores de frecuencia, el usuario/a de planta puede operar en un modo en el que el motor gira a una frecuencia fija establecida manualmente en el variador de frecuencia. Para ello, en la pantalla emergente debe mantener pulsado el botón “JOG DERECHAS” o “JOG IZQUIERDAS” para que el motor gire en sentido horario o antihorario respectivamente. Además, puede arrancarlo a la frecuencia establecida por el sistema de control antes de realizar el paro de la planta pulsando el botón “MARCHA” o el gráfico del motor.



Figura 14: Apariencia de la ventana emergente de arranque manual de ImotorM_30

Control Ph

En este panel se visualiza en detalle el sistema de inyección de base para regular el Ph. También se muestran por pantalla los valores de Ph y temperatura medidos por las sondas.

La interacción se ciñe al ajuste de dos parámetros: el porcentaje de caudal de disolución de hidróxido de sodio (NaOH) inyectado y el Ph umbral que dicta el nivel de acidez bajo el cual se comienza a inyectar la base. Ambos se regulan gracias a displays de deslizadera. En el caso de las bombas el display va de 0 a 100% de caudal nominal, y para el umbral de Ph la deslizadera va de 0 a 14.

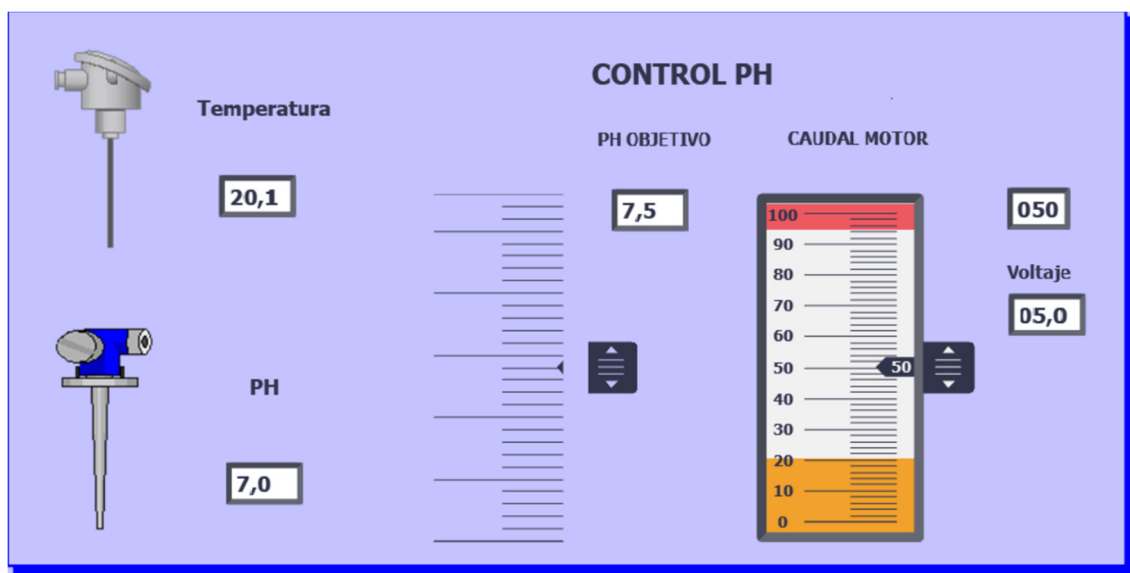


Figura 15: Apariencia del panel de ajuste de los parámetros dentro del panel "Control de Ph"

Control Coagulante y Control Floculante

En estas pantallas se visualizan en detalle los sistemas de inyección de coagulante y flocuante respectivamente. Además, también se muestran los valores de Ph y temperatura medidos por las sondas. Acorde a estos valores el operador/a del SCADA

debe de seccionar un valor de 0 a 100% en las deslizaderas que regulan el caudal de funcionamiento de las bombas que inyectan el coagulante y el floculante.

O₂ y R

En este panel se puede visualizar el proceso de Nitrificación-Desnitrificación llevado a cabo en el canal de oxidación junto al sistema de recirculación de lodos activados. A continuación, se muestran los paneles de regulación de ambos sistemas y se explica su funcionamiento:

CONTROL DEL SISTEMA REDUCCIÓN OXIDACIÓN			
MOTOR IMPULSOR (M_30)		MOTOR OXÍGENO (M_31)	
	VELOCIDAD	VALOR SENSOR	
1	<input type="text" value="400"/>	<input type="text" value="95"/>	1
2	<input type="text" value="800"/>	<input type="text" value="75"/>	2
3	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="50"/>	3

Figura 16: Apariencia del panel "CONTROL DEL SISTEMA REDUCCIÓN OXIDACIÓN" en la pantalla "CONTROL DE O₂ Y R".

La regulación de este sistema consiste en ajustar las velocidades a las que se desea que el motor gire en función del valor del parámetro redox u O₂ disuelto que el sensor correspondiente indica. El funcionamiento es el siguiente: El umbral velocidad 1 es la velocidad en rpm a la que el motor gira por encima del valor sensor 1, el umbral velocidad 2 es la velocidad en rpm a la que el motor gira si está entre el valor sensor 1 y el 2, y lo mismo sucede para el umbral velocidad 3. Por debajo del valor sensor 3, el motor girará a la velocidad máxima correspondiente a 50Hz en la UE o 60 Hz en USA.

Téngase en cuenta que si no se introducen unos valores de velocidad de menor a mayor y unos valores de sensor de mayor a menor **la consigna enviada al motor será 0.**

TIEMPO DE APERTURA (s)

EV_22 00

EV_21 00

TIEMPO ENTRE APERTURAS (min)

Transcurrido

EV_22 00 00 00

Min Seg

EV_21 00 00 00

Min Seg

Figura 17: Apariencia del panel de regulación del sistema de recirculación de lodos en la pantalla "CONTROL DE O2 Y R"

La regulación de las temporizaciones de apertura de las válvulas consiste en regular el "TIEMPO APERTURA", que es el tiempo en segundos que se desea que la válvula permanezca abierta cuando se acciona, y el "TIEMPO ENTRE APERTURAS", que es el tiempo en minutos que se desea que las válvulas permanezcan cerradas entre aperturas. Este último, como es de mayor duración, tiene a su derecha un indicador que marca el tiempo en minutos y segundos transcurrido después del cierre de la válvula correspondiente.

Extracción de lodos

El proceso de extracción de lodos queda reflejado en esta pantalla donde se puede visualizar el tanque junto a los sensores de nivel, las válvulas y la bomba de extracción. Sólo se puede accionar el interruptor de "vaciado" y operar el sistema si el nivel es superior al mínimo, es decir, mientras el sensor S_60 esté dando señal. Tras ello el conjunto válvulas bomba sigue funcionando hasta que el nivel vuelve a ser inferior al indicado por el sensor S_60. Cuando se quiera dar por finalizado el proceso se debe volver a pulsar el interruptor.

SISTEMA DE AVISOS Y ALARMAS

El sistema de avisos y alarmas refleja todas aquellas anomalías que se producen durante el funcionamiento de la planta y que puedan desentrañar un peligro para la misma o un riesgo de vertido no depurado.

Existen dos tipos de eventos, las alarmas y los avisos. Las primeras desentrañan un peligro mayor, de tal modo que en cuanto se producen, se muestra por pantalla una ventana donde se debe seleccionar la alarma y acusarla. Hasta que no se produzca esta acción la ventana no se cerrará, garantizando así que el usuario que maneje el SCADA reciba notificación del problema que ha sucedido. En el caso de que se produzca un evento que provoque un aviso, emerge un indicador amarillo por pantalla con un símbolo de exclamación "!" y un número debajo. Este número indica la cantidad de avisos y alarmas acusadas que se están produciendo. Al hacer "click" sobre él, aparece una ventana similar a la de acuse de alarmas llamada "AVISOS Y ALARMAS" donde se

puede leer el texto explicativo que detalla el acontecimiento que ha causado la alarma o aviso



Figura 18: Panel "ALARMAS NO ACUSADAS". Véase el botón de acuse de alarma abajo a la derecha.

La barra de la ventana mostrada en la “Figura 18”, al igual que la ventana de “AVISOS Y ALARMAS” tiene diferentes apartados. El primero empezando por la izquierda es el tipo de evento, donde las alarmas se muestran con un símbolo de exclamación “!”. A continuación, se indica la fecha y hora a la que se ha producido el evento, y a su derecha se encuentra el apartado “Estado”, que indica si la alarma ha sido acusada o no. Por último, se encuentra el texto informativo y el acuse de grupo”.

A continuación, se muestra la tabla que refleja las diferentes alarmas y avisos junto al texto explicativo correspondiente.

Texto explicativo	Motores y bombas	Tipo de notificación
Disparo del térmico motor 10	M_10	Alarma ("i")
Disparo del térmico motor 11	M_11	
Disparo del térmico bomba 10	P_10	
Nivel alto en piscina de entrada	S_0	
Nivel muy bajo en pozo de entrada	S_10	
Riesgo de desborde en pozo de entrada	S_12	
Tanque de lodos lleno	S_62	
Disparo del térmico motor 20	M_20	Aviso
Disparo del térmico motor 21	M_21	
Disparo del térmico motor 22	M_22	
Disparo del térmico motor 30	M_30	
Disparo del térmico motor 31	M_31	
Disparo del térmico motor 32	M_32	
Disparo del térmico bomba 60	P_60	
Disparo del térmico bomba 61	P_61	
Disparo del térmico conjunto base	P_20, P_21, M_40	
Disparo del térmico conjunto coagulante	P_30, P_31, M_41	
Disparo del térmico floculante	P_40, P_41, M_42	
Tanque de base vacío	S_20	
Tanque de coagulante vacío	S_30	
Tanque de floculante vacío	S_40	

Tabla 6: Alarmas, avisos y textos explicativos

De acuerdo a lo expuesto en el apartado [Funcionamiento del sistema de mando, Paro](#), el tiempo que tarda en pararse la planta depende de la gravedad del riesgo, clasificándose las alarmas como gravedad alta (120 s) y los avisos son calificados como

menos graves (5 min), aunque ello no quiere decir que todas las alarmas o avisos sean motivo de paro de planta.

Ferrol, septiembre 2019

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Carlos Fernández Pazos', written in a cursive style.

Carlos Fernández Pazos



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2018/2019

*ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN
SISTEMA PARA EL CONTROL DE UN EDAR*

Máster en Ingeniería Industrial

**ANEXO 1: ENSAYOS, SIMULACIONES Y PRUEBAS
REALIZADAS**

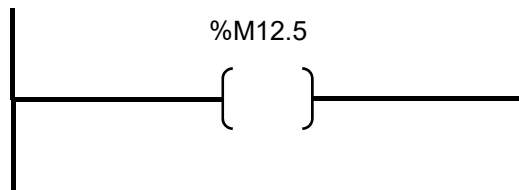
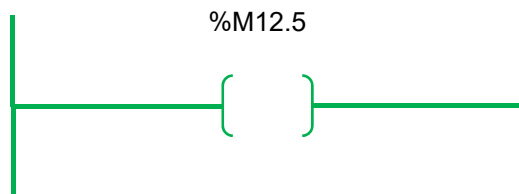
1.10. ANEXO 1: ENSAYOS, SIMULACIONES Y PRUEBAS REALIZADAS

Una vez terminada la etapa de diseño es necesario realizar una simulación que permita comprobar la eficacia y el correcto funcionamiento de la solución propuesta. Para ello se ha empleado el material disponible en el “*laboratorio multidisciplinar de Sistemas Hidráulicos y Neumáticos y Sistemas Eléctricos y Electrónicos del Buque*” de la Escuela Politécnica Superior de Ferrol con el fin de generar un modelo que simula las entradas y salidas del sistema recreando las condiciones de funcionamiento del mismo.

Descripción del modelo

Debido al gran volumen de entradas y salidas que este proceso requiere, una parte de ellas se han simulado de **manera virtual**.

- **Salidas:** Cuando la salida se activa, una marca del sistema cambia de estado simulando una salida física del autómatas y generando una respuesta en el SCADA como el encendido de un motor.



PROGRAMA DE CONTROL

SCADA

- **Entradas:** Para recrear una entrada física de 24 VDC se activa manualmente un interruptor en el panel de pruebas del HMI que simula la activación de un sensor o disparo de un relé térmico de un motor. Este panel de pruebas está situado en la pantalla “**Estado**” del HMI.

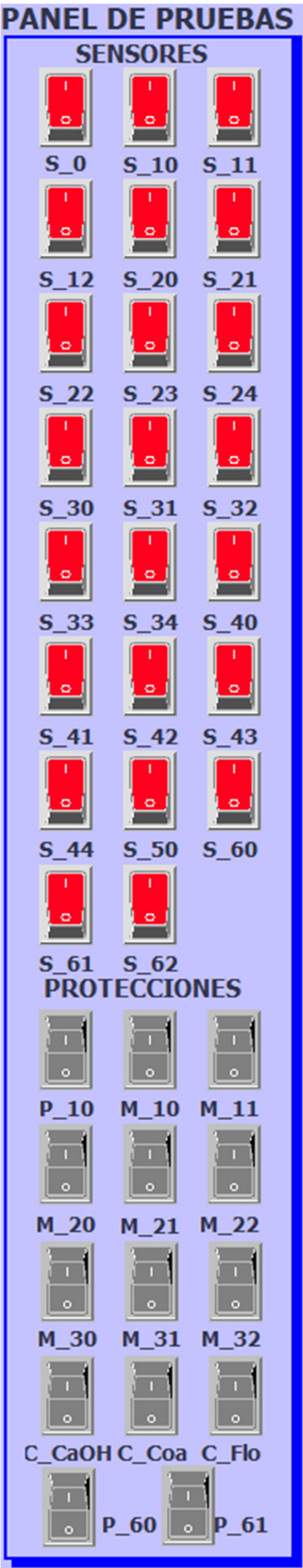


Figura 19: Panel de pruebas de las variables de entrada

A continuación, se detalla una lista donde se refleja qué elementos están simulados y qué variables del sistema se emplean en substitución de las Entradas/Salidas de 24 VDC.

Elemento simulado	Acción	Nombre del elemento (s) correspondiente	Tipo de variable (E/S)	Dirección de la Marca empleada	Nombre de la variable
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_0	E	%M7.3	S_0
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_10	E	%M7.4	S_10
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_11	E	%M7.5	S_11
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_12	E	%M7.6	S_12
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_20	E	%M7.7	S_20
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_21	E	%M8.0	S_21
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_22	E	%M8.1	S_22
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_23	E	%M8.2	S_23
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_24	E	%M8.3	S_24
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_30	E	%M8.4	S_30
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_31	E	%M8.5	S_31
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_32	E	%M8.6	S_32
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_33	E	%M8.7	S_33
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_34	E	%M9.0	S_34
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_40	E	%M9.1	S_40

Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_41	E	%M9.2	S_41
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_42	E	%M9.3	S_42
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_43	E	%M9.4	S_43
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_44	E	%M9.5	S_44
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_50	E	%M9.6	S_50
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_60	E	%M9.7	S_60
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_61	E	%M10.0	S_61
Sensor de nivel	Activación / desactivación	S_62	E	%M10.1	S_62
Contacto auxiliar relé térmico	Disparo y rearme	P_10	E	%M10.2	I_P_10
Contacto auxiliar relé térmico	Disparo y rearme	M_10	E	%M10.3	I_M_10
Contacto auxiliar relé térmico	Disparo y rearme	M_11	E	%M10.4	I_M_11
Contacto auxiliar relé térmico	Disparo y rearme	M_20	E	%M10.5	I_M_20
Contacto auxiliar relé térmico	Disparo y rearme	M_21	E	%M10.6	I_M_21
Contacto auxiliar relé térmico	Disparo y rearme	M_22	E	%M10.7	I_M_22
Contacto auxiliar relé térmico	Disparo y rearme	M_30	E	%M11.0	I_M_30

Contacto auxiliar relé térmico	Disparo y rearme	M_31	E	%M11.1	I_M_31
Contacto auxiliar relé térmico	Disparo y rearme	M_32	E	%M11.2	I_M_32
Contacto auxiliar relé térmico	Disparo y rearme	P_60	E	%M11.3	I_P_60
Contacto auxiliar relé térmico	Disparo y rearme	P_20, P_21, M_40	E	%M11.4	I_Conjunto_base
Contacto auxiliar relé térmico	Disparo y rearme	P_30, P_31, M_41	E	%M11.5	I_Conjunto_coag
Contacto auxiliar relé térmico	Disparo y rearme	P_40, P_41, M_42	E	%M11.6	I_Conjunto_floc
Motor	Estado accionado / Parado	M_10	S	%M12.1	Q_M_10
Motor	Estado accionado / Parado	M_11	S	%M12.1	Q_M_11
Motor	Estado accionado / Parado	M_20	S	%M12.3	Q_M_20
Motor	Estado accionado / Parado	M_31	S	%M12.4	Q_M_21
Motor	Estado accionado / Parado	M_22	S	%M12.5	Q_M_22
Motor	Estado accionado / Parado	M_32	S	%M13.0	Q_M_32
Motor	Estado accionado / Parado	M_40	S	%M14.2	Q_M_40

Motor	Estado accionado / Parado	M_41	S	%M14.3	Q_M_41
Motor	Estado accionado / Parado	M_42	S	%M14.4	Q_M_42
Bomba	Estado accionado / Parado	P_10	S	%M11.7	Q_P_10
Bomba	Estado accionado / Parado	P_20	S	%M13.4	Q_P_20
Bomba	Estado accionado / Parado	P_21	S	%M13.5	Q_P_21
Bomba	Estado accionado / Parado	P_30	S	%M13.6	Q_P_30
Bomba	Estado accionado / Parado	P_31	S	%M13.7	Q_P_31
Bomba	Estado accionado / Parado	P_40	S	%M14.0	Q_P_40
Bomba	Estado accionado / Parado	P_41	S	%M14.1	Q_P_41
Bomba	Estado accionado / Parado	P_60	S	%M13.1	Q_P_60
Bomba	Estado accionado / Parado	P_61	S	%M13.2	Q_P_61

Tabla 7: Correspondencia entre las marcas del sistema y las salidas digitales a las que substituyen

Por otra parte, hay un número de entradas y salidas que se simulan mediante **dispositivos** físicos:

- La parada de emergencia se ha simulado a través de un interruptor con enclavamiento normalmente cerrado montado en un panel de pruebas.

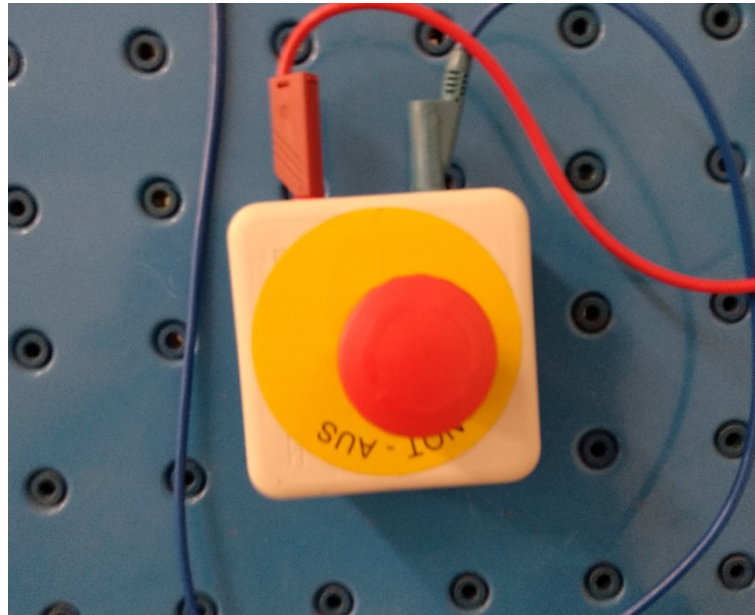


Figura 20: Interruptor de emergencia

- Los sensores de O_2 disuelto, Ph, Redox y temperatura se han simulado a través de potenciómetros conectados a las entradas analógicas del autómata y a una fuente de tensión de 24 VDC dando una señal de 0 a 10 VDC.

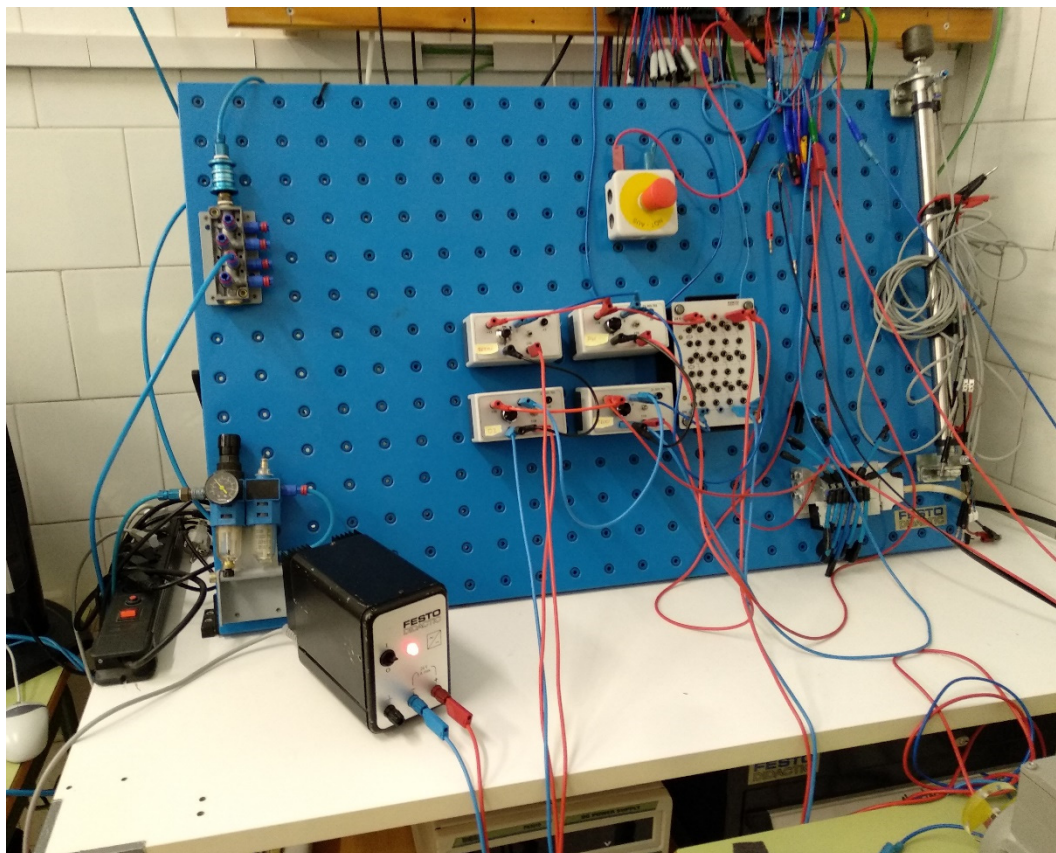


Figura 21: Panel de pruebas incluyendo el sistema potenciómetros-fuente de tensión

- Los accionamientos de los motores M_30 y M_31 son salidas digitales conectadas a dos variadores de frecuencia. Además de estas salidas, se han utilizado otras dos salidas digitales por cada motor para los giros “JOG derechas” y “JOG izquierdas” y dos salidas analógicas (una por motor) para transmitir la consigna de velocidad a los variadores de frecuencia.

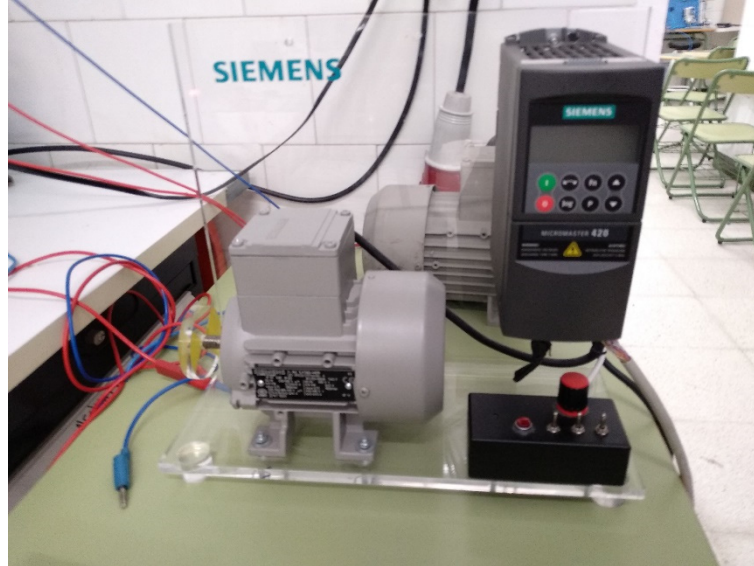


Figura 22: Conjunto Motor-Variador de frecuencia Micromaster 420

- Para simular el agitador de corriente (M_30) y el aireador (M_31) se han empleado dos motores asíncronos cuyo funcionamiento está regulado por los dos variadores de frecuencia.

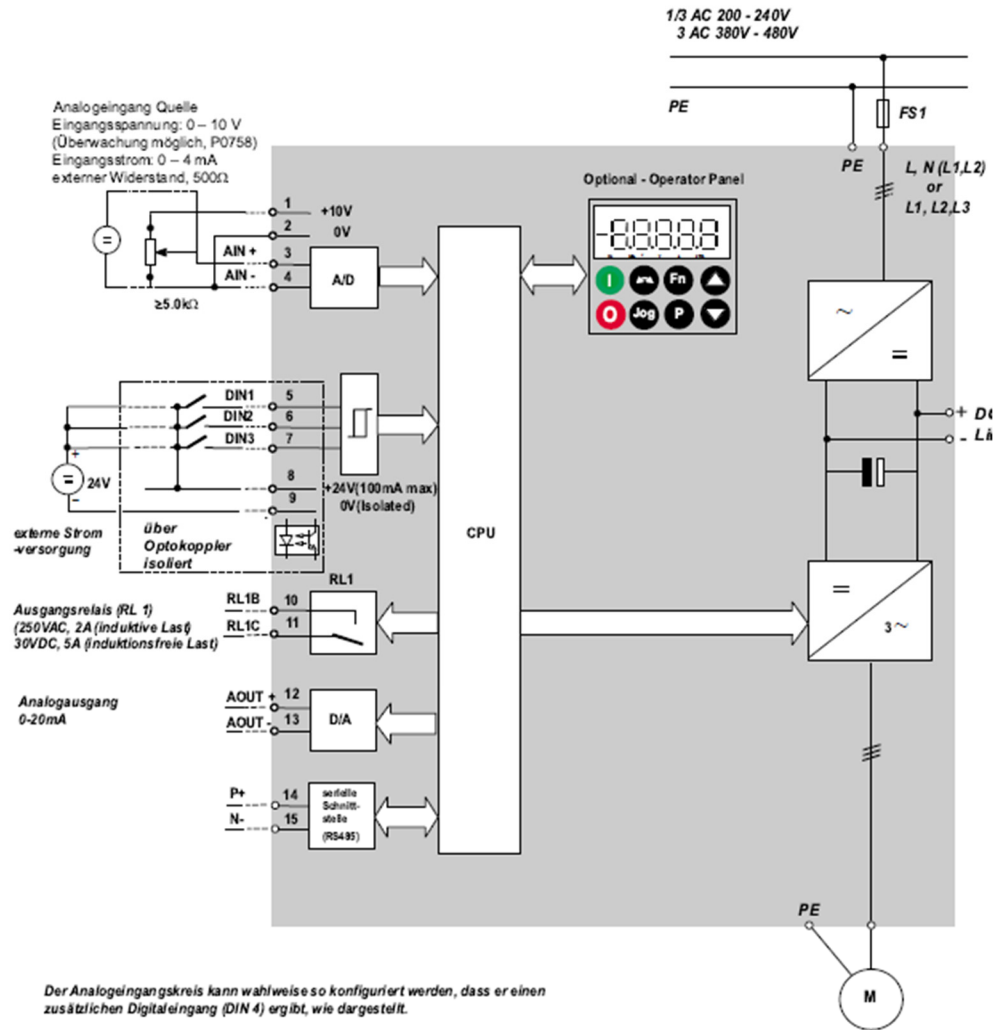
Para reflejar con exactitud qué variables han sido simuladas mediante los diferentes dispositivos físicos disponemos de esta tabla resumen:

Elemento simulado	Elemento empleado para la simulación	Acción	Nombre del elemento (s) correspondiente	Tipo de variable (E/S)	Dirección de la Marca empleada	Nombre de la variable
Variador Micromaster 420	Variador Micromaster 420	Arranque/Paro motor	DIN 1	S	%Q0.1	Q_M_30
		“Jog derechas”	DIN 2	S	%Q0.2	jog_dcha_30
		“Jog izquierdas”	DIN 3	S	%Q0.3	JOG_izda_M_30
		Consigna analógica	ANALOG INPUT 3	S	%QW80	ANALOG_M_30
		Arranque/Paro motor	DIN 1	S	%Q0.5	Q_m_31

Variador Micromaster 420	Variador Micromaster 420	“Jog derechas”	DIN 2	S	%Q0.6	JOG_dcha_M_31
		“Jog izquierdas”	DIN 3	S	%Q0.7	JOG_izda_M_31
		Consigna analógica	ANALOG INPUT 3	S	%QW82	ANALOG_M_31
Interruptores de emergencia	Interruptor con enclavamiento	Pulsado / Desenclavado	-	E	%I0.0	I_EMERG_EXT
Sonda PH	Potenciómetro	Lectura PH	-	E	%IW64	INT_PH
Sonda PT100	Potenciómetro	Lectura Temperatura	-	E	%IW66	INT_PT100
Sonda redox	Potenciómetro	Lectura nivel de reducción-oxidación	-	E	%IW68	INT_R
Sensor óptico de O ₂	Potenciómetro	Lectura de O ₂ disuelto	-	E	%IW70	INT_O_2
Motor	Motor 0.12Kw	Regulación de velocidad	M_30	S	A través de Variador de frecuencia	
Motor	Motor 0.12Kw	Regulación de velocidad	M_31	S	A través de Variador de frecuencia	

Tabla 8 Correspondencia entre entradas y salidas y dispositivos empleados en la simulación

La siguiente figura muestra el cableado de control del variador de frecuencia empleado con la numeración de sus entradas analógicas y digitales a las que están conectadas las salidas del autómata.



Metodología

Para comprobar el correcto funcionamiento del programa de control y el SCADA junto a la eficacia de la solución propuesta se ha elaborado un “checklist” con la finalidad establecer un protocolo de pruebas

- ✓ Activación y desactivación manual en el panel de pruebas ([Figura 19](#)) de todos los interruptores que simulan los térmicos detallados en la [Tabla 7](#) y comprobar:
 - Correspondencia entre el térmico del motor o bomba disparado con el texto de la alarma o aviso correspondiente tal y como se refleja en [Tabla 6: Alarmas, avisos y textos explicativos](#)
 - Correspondencia entre el disparo del térmico y el tiempo estipulado tras el cual se para la planta como se describe en la [Tabla 4: Situaciones en las que se acciona el paro en el programa de control](#).
 - Correspondencia entre el térmico disparado y los equipos asociados a él comprobando que este se apagan siguiendo a [Tabla 7](#).
- ✓ Activación y desactivación manual en el panel de pruebas ([Figura 19](#)) de todos los interruptores que simulan los sensores de nivel detallados en la [Tabla 7](#) y comprobar.
 - Correspondencia entre el sensor y el interruptor activado comprobando que la luz asociada al sensor se activa. Para ello se ha seguido la lista de sensores de nivel reflejada en la [Tabla 7](#).

- Correspondencia entre la activación o desactivación de un sensor y el tiempo estipulado tras el cual se para la planta como se describe en la [Tabla 4: Situaciones en las que se acciona el paro en el programa de control](#).
- Correspondencia entre el sensor activado o desactivado con el texto de la alarma o aviso correspondiente tal y como se refleja en [Tabla 6: Alarmas, avisos y textos explicativos](#).
- ✓ Comprobaciones de seguridad.
 - Pulsar el interruptor de emergencia externo para comprobar que la planta se para totalmente y no se puede rearmar hasta que este no se desenclave.
 - Pulsar todos los botones de Paro situados en el HMI para comprobar que la planta se para pulsando cualquiera de ellos.
 - Comprobar que la planta separa tras el tiempo estipulado tras realizar las acciones detalladas en la [Tabla 4: Situaciones en las que se acciona el paro en el programa de control](#).
- ✓ Comprobaciones en el arranque en CC de tal modo que la planta no se pone en marcha si:
 - Cualquiera de los térmicos detallados en la [Tabla 7](#) está dando señal.
 - S_10 off
 - S_20 off
 - S_30 off
 - S_40 off
 - S_62 On
 - S_12 On
 - :EV_13 cerrada
 - EV_15 cerrada
 - EV_11 abierta
 - EV_12 abierta
 - EV_14 abierta
 - EV_20 abierta
 - EV_21 abierta
- ✓ Comprobar que en CC, modo de funcionamiento completo y condición de funcionamiento normal:
 - P_10 On
 - M_10 On
 - M_11 On
 - M_20 On
 - M_21 On
 - M_22 On
 - M_30 On si S_50 On y M_30 off si S_50 Off
 - M_31 On si S_50 On y M_30 off si S_50 Off
 - M_32 On
 - P_60 On
 - P_20 On si S_24 On y P_20 off si S_24 off
 - P_20 On, P_21 On y M_40 On si S_20 On y P_21,P_22 y M_40off si S_20 off
 - P_30 On si S_34 On y P_30 off si S_34 off
 - P_30 On, P_31 On y M_41 On si S_30 On y P_31,P_32 y M_41off si S_30 off
 - P_40 On si S_44 On y P_40 off si S_44 off
 - P_40 On, P_41 On y M_42 On si S_40 On y P_40,P_41 y M_42off si S_40 off

- P_20 On, P_21 On, M_40 On si Ph objetivo es menor que la lectura de Ph del sensor, en caso contrario las dos bombas y el motor deben estar apagadas
- EV_11 On
- EV_12 Off
- EV_13 On
- EV_14 Off
- EV_15 On
- ✓ Comprobar que en CC, modo de funcionamiento By-Pass Secundario y condición de funcionamiento normal:
 - P_10 On
 - M_10 On
 - M_11 On
 - M_20 On
 - M_21 On
 - M_22 On
 - M_30 Off
 - M_31 Off
 - M_32 Off
 - P_60 On
 - P_20 On si S_24 On y P_20 off si S_24 off
 - P_20 On, P_21 On y M_40 On si S_20 On y P_21,P_22 y M_40off si S_20 off
 - P_30 On si S_34 On y P_30 off si S_34 off
 - P_30 On, P_31 On y M_41 On si S_30 On y P_31,P_32 y M_41off si S_30 off
 - P_40 On si S_44 On y P_40 off si S_44 off
 - P_40 On, P_41 On y M_42 On si S_40 On y P_40,P_41 y M_42off si S_40 off
 - P_20 On, P_21 On, M_40 On si Ph objetivo es menor que la lectura de Ph del sensor, en caso contrario las dos bombas y el motor deben estar apagadas
 - EV_11 On
 - EV_12 Off
 - EV_13 On
 - EV_14 On
 - EV_15 Off
 - EV_21 Off
 - EV_22 Off
- ✓ Comprobar que en CC, modo de funcionamiento By-Pass Primario y Secundario y condición de funcionamiento normal:
 - P_10 On
 - M_10 On
 - M_11 On
 - M_20 Off
 - M_21 Off
 - M_22 Off
 - M_30 Off
 - M_31 Off
 - M_32 Off
 - P_60 On
 - P_20, P_21 y M_40 Off
 - P_30, P_32 y M_40 Off
 - P_40, P_41 y M_42 Off
 - EV_11 On

- EV_12 On
- EV_13 Off
- EV_14 Off
- EV_15 Off
- EV_20 Off
- EV_21 Off
- EV_22 Off
- ✓ Comprobación de la correspondencia entre las señales analógicas de entrada %IW64, %IW66, de Ph y temperatura y las lecturas de los sensores reflejadas por pantalla y en las gráficas de valores históricos. Para ello manipular la rueda del potenciómetro y comprobar la respuesta en el histograma y los valores numéricos mostrados por pantalla.
- ✓ Simulación del proceso Nitrificación-Desnitrificación comprobando que el motor gira a las revoluciones indicadas de acuerdo con los valores umbrales indicados por pantalla. El proceso de comprobación se realiza girando las ruedas de los potenciómetros para simular la variación de las lecturas de los sensores de O₂ disuelto y redox. La variación de la velocidad se comprueba al ver la variación de la frecuencia indicada en la pantalla del variador de frecuencia
- ✓ Supervisión del proceso de recirculación de lodos comprobando que las válvulas se abren después del tiempo establecido por el operador durante el tiempo de apertura indicado por pantalla.
- ✓ Supervisión de la correspondencia entre las ventanas emergentes de activación de equipos y la activación de dichos equipos en el modo manual dentro de la pantalla "MANUAL".
- ✓ Supervisión de la correspondencia entre las ventanas emergentes de activación de equipos y la activación de dichos equipos en el modo by-pass primario dentro de la pantalla "By-Pass primario".
- ✓ Supervisión de la correspondencia entre las ventanas emergentes de activación de equipos y la activación de dichos equipos en el modo by-pass secundario dentro de la pantalla "By-Pass secundario".
- ✓ Comprobación del correcto funcionamiento de las pantallas emergentes de autorización a la hora de acceder a las pantallas de by-pass primario, secundario y arranque.
- ✓ Comprobar todos los accesos a pantallas y ajustes de parámetros de los diferentes niveles de usuarios acorde a lo expuesto en la [Tabla 5: Accesos acorde al nivel autorización de los usuarios](#).



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2018/2019**

*ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN
SISTEMA PARA EL CONTROL DE UN EDAR*

Máster en Ingeniería Industrial

**ANEXO 1: PROGRAMA DE CONTROL, CÓDIGO Y
VARIABLES**

1.11. ANEXO 2:PROGRAMA DE CONTROL, CÓDIGO Y VARIABLES

Síntesis del algoritmo de control

En una planta de aguas residuales se llevan a cabo multitud de procesos simultáneamente que son dependientes los unos de los otros. Por ello, y como paso previo y complementario a la codificación del programa de control, se realiza una representación gráfica de la secuencia del proceso mediante la elaboración de un GRAFCET de control.

El modelo GRAFCET consiste en el paso del sistema por una secuencia de etapas en las que se realizan las diferentes operaciones. Cada etapa define el estado en el que el proceso se encuentra, y lleva asociada una acción que se realiza mientras que el sistema no pasa a la etapa siguiente. Para pasar de un estado al sucesivo se tiene que cumplir una condición llamada transición. Tal y como se aprecia en la figura 23, para pasar de la condición de Paro a la de Obligado Rearme (O_RE) no debe estar activada la condición de emergencia (C_Emerg).

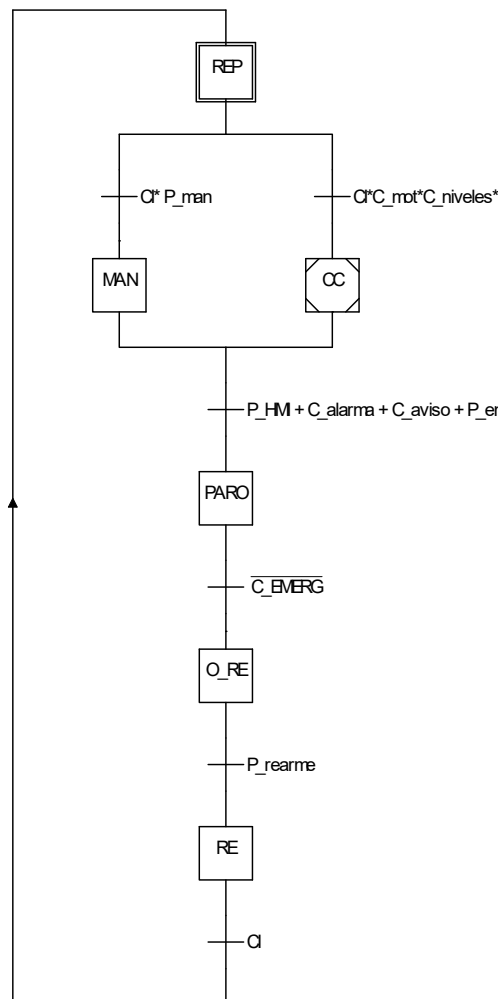


Figura 23: GRAFCET de mando

Como se ha comentado, una etapa lleva asociada una acción, pero también puede llevar asociadas un conjunto de ellas. Debido a la simultaneidad de procesos y a la complejidad del sistema se ha recurrido al empleo de **sub rutinas**, que son secuencias de acciones asociadas a una misma etapa. En este caso mientras el proceso esté en

ciclo continuo (CC) las subrutinas de “pretratamiento” “Condiciones de funcionamiento”, “modos de funcionamiento” “extracción de lodos”, “tratamiento secundario” y “tratamiento primario” estarán activas, y ciertas etapas de ellas activarán otras subrutinas diferentes. Todas las interrelaciones entre los diferentes GRAFCETS están reflejadas en los planos nº 14, 15 y 16, constituyendo así la base del funcionamiento de la planta y el programa de control.

Codificación del algoritmo de control

A continuación, se muestra el desarrollo del algoritmo de control desglosado por bloques de función programados en lenguaje KOP (Diagrama de Contactos) y awl. También se añade la lista de variables empleadas junto a su dirección en la memoria del autómatas en el que se carga el programa.

Totally Integrated Automation Portal		
Índice de contenido		
Main [OB1]		2 - 1
ALARMAS Y AVISOS [FC1]		3 - 1
A/D [FB4]		4 - 1
ADICIÓN BASE [FB5]		5 - 1
ADICION COAGULANTE Y FLOCULANTE [FB9]		6 - 1
AJUSTE CONSIGNA_VARIADOR [FB8]		7 - 1
CONTADOR_TIEMPO_TRANSCURRIDO [FB14]		8 - 1
CONVERSION_TIEMPO [FB13]		9 - 1
D/A [FB6]		10 - 1
ESCALADO_APERTURA [FB11]		11 - 1
EXTRACCIÓN_LODOS [FB7]		12 - 1
PH_OBJETIVO [FB10]		13 - 1
PRETRATAMIENTO [FB1]		14 - 1
RECIRCULACIÓN DE LODOS [FB3]		15 - 1
TRATAMIENTO 1º [FB2]		16 - 1
TRATAMIENTO_SECUNDARIO [FB12]		17 - 1

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

Main [OB1]

Main Propiedades

General

Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		

Información

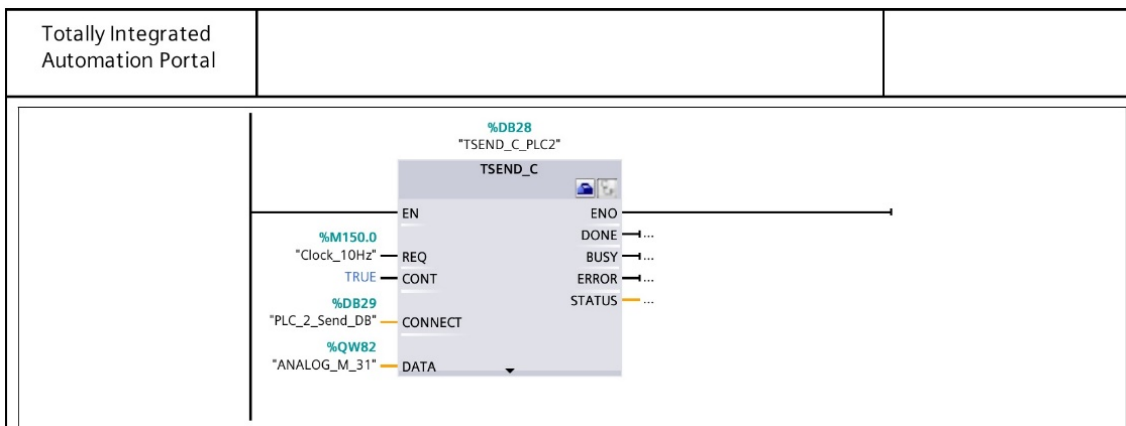
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
▼ Input		
Initial_Call	Bool	
Remanence	Bool	
Temp		
Constant		

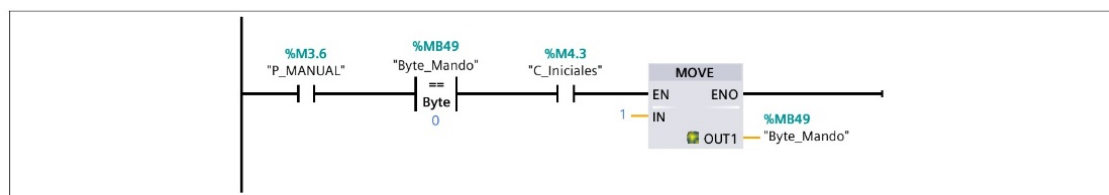
Segmento 1: FIRST_SCAN

Segmento 2: RECEIVE

Segmento 3:

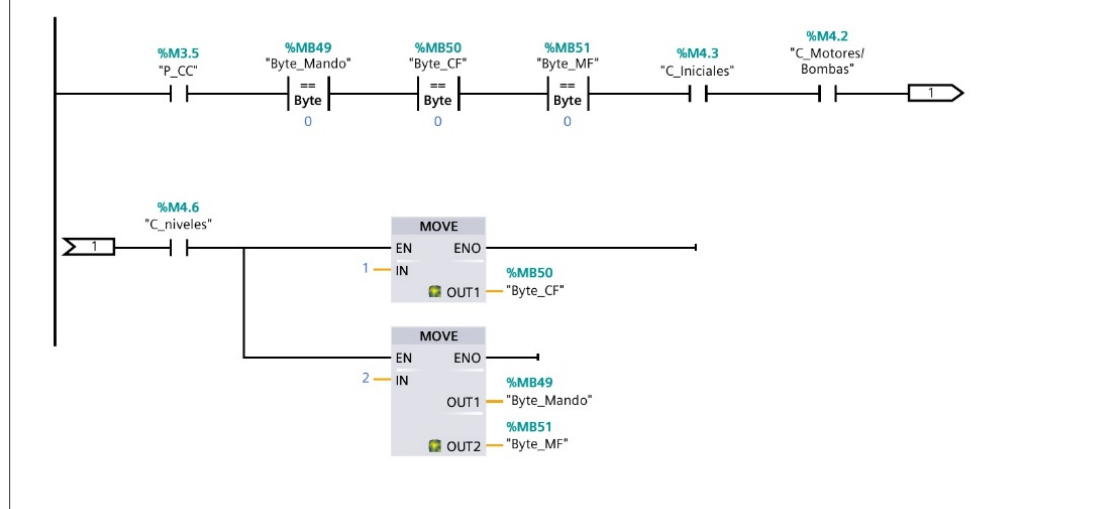


Segmento 4: MANDO_MANUAL

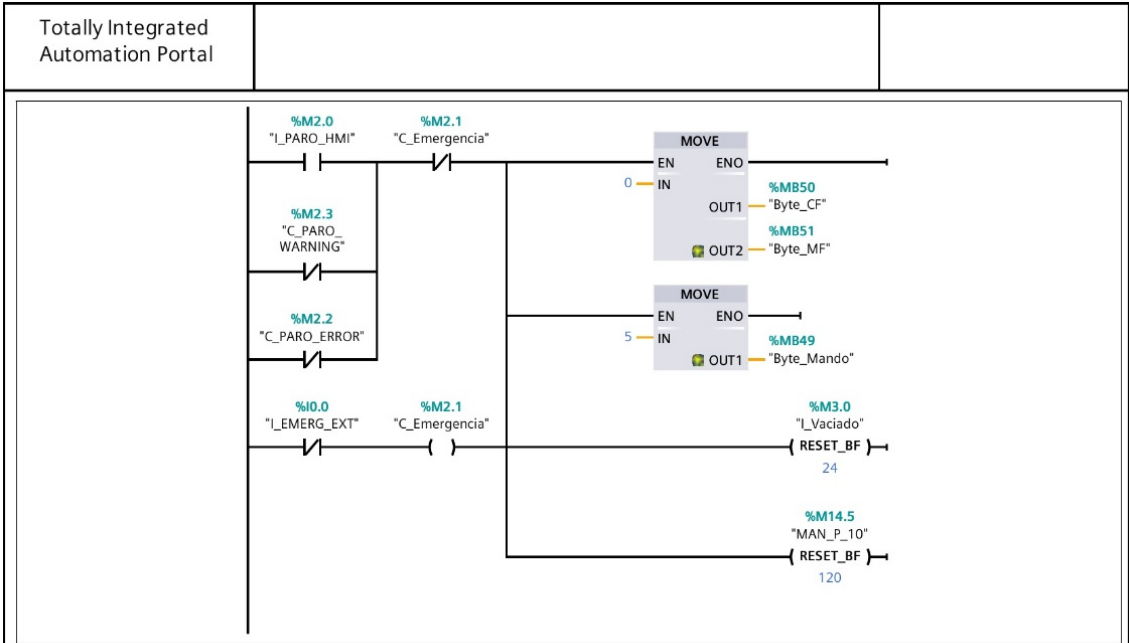


Segmento 5: MANDO_CC

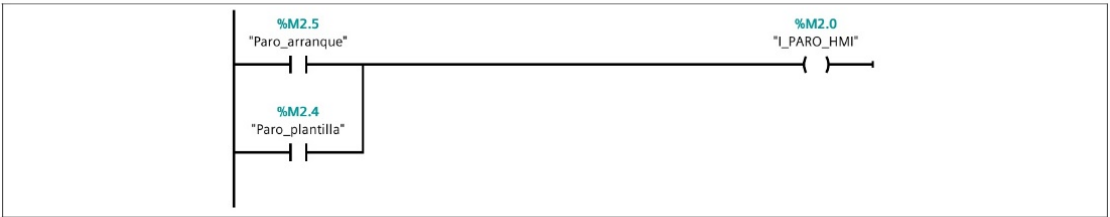
Segmento 5: MANDO_CC



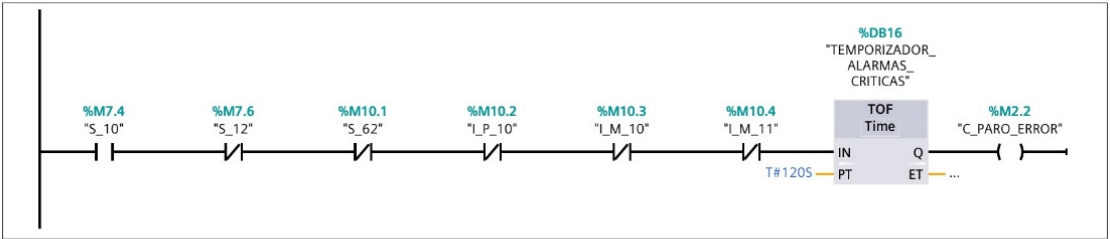
Segmento 6: MANDO-PARADA-EMERGENCIA



Segmento 7:



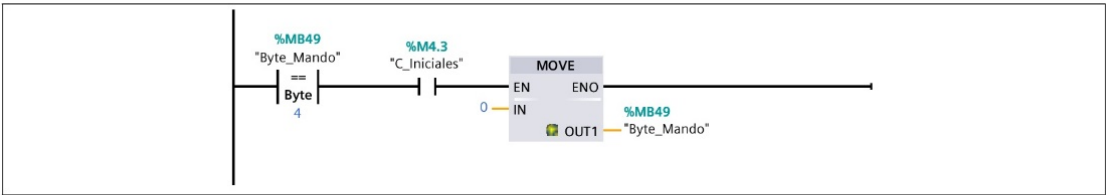
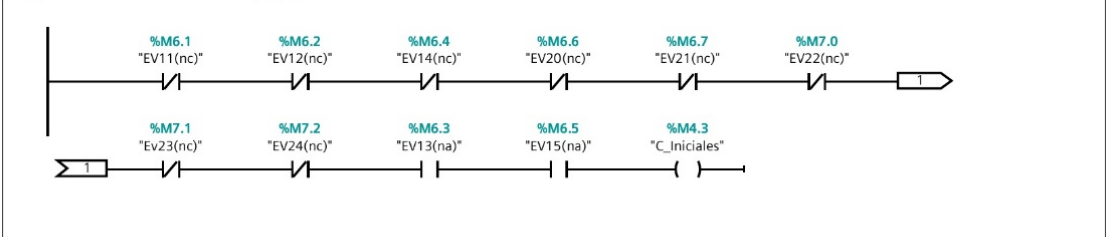
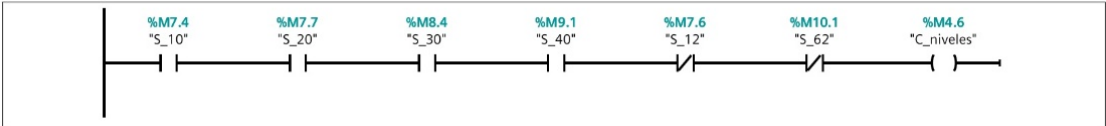
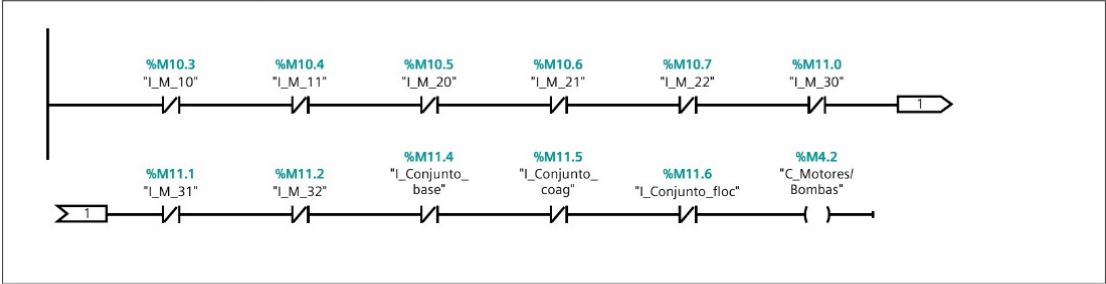
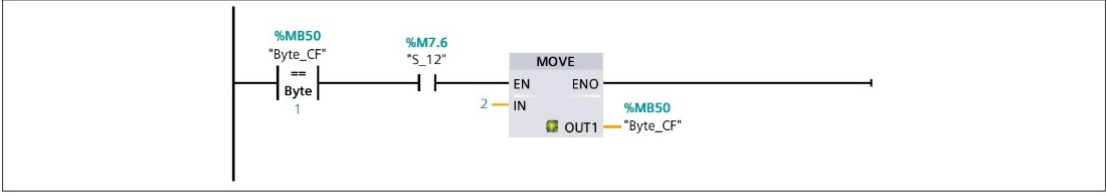
Segmento 8: PARADA ALARMAS CRITICAS



Segmento 9: PARADA ALARMAS

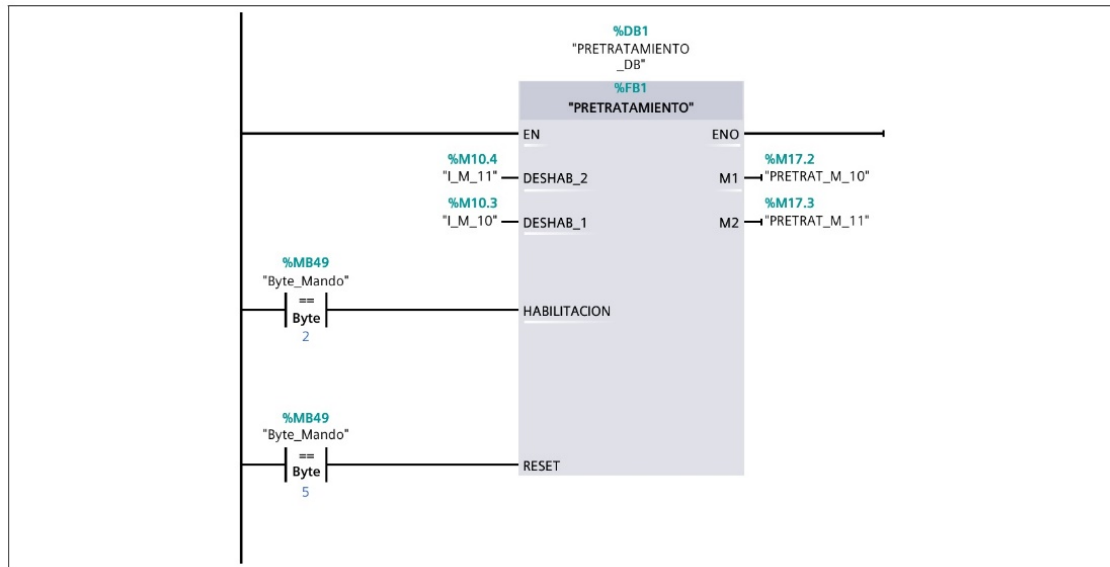
--	--	--

Totally Integrated Automation Portal		
Segmento 9: PARADA ALARMAS		
Segmento 10: OBLIGADO REARME		
Segmento 11: MANDO_REARME		
Segmento 12: MANDO_FIN_REARME		
aCORDARSE QUE EN REARME SE ACCIONAN LAS DOS VALVULAS DE AISLAMIENTO.		

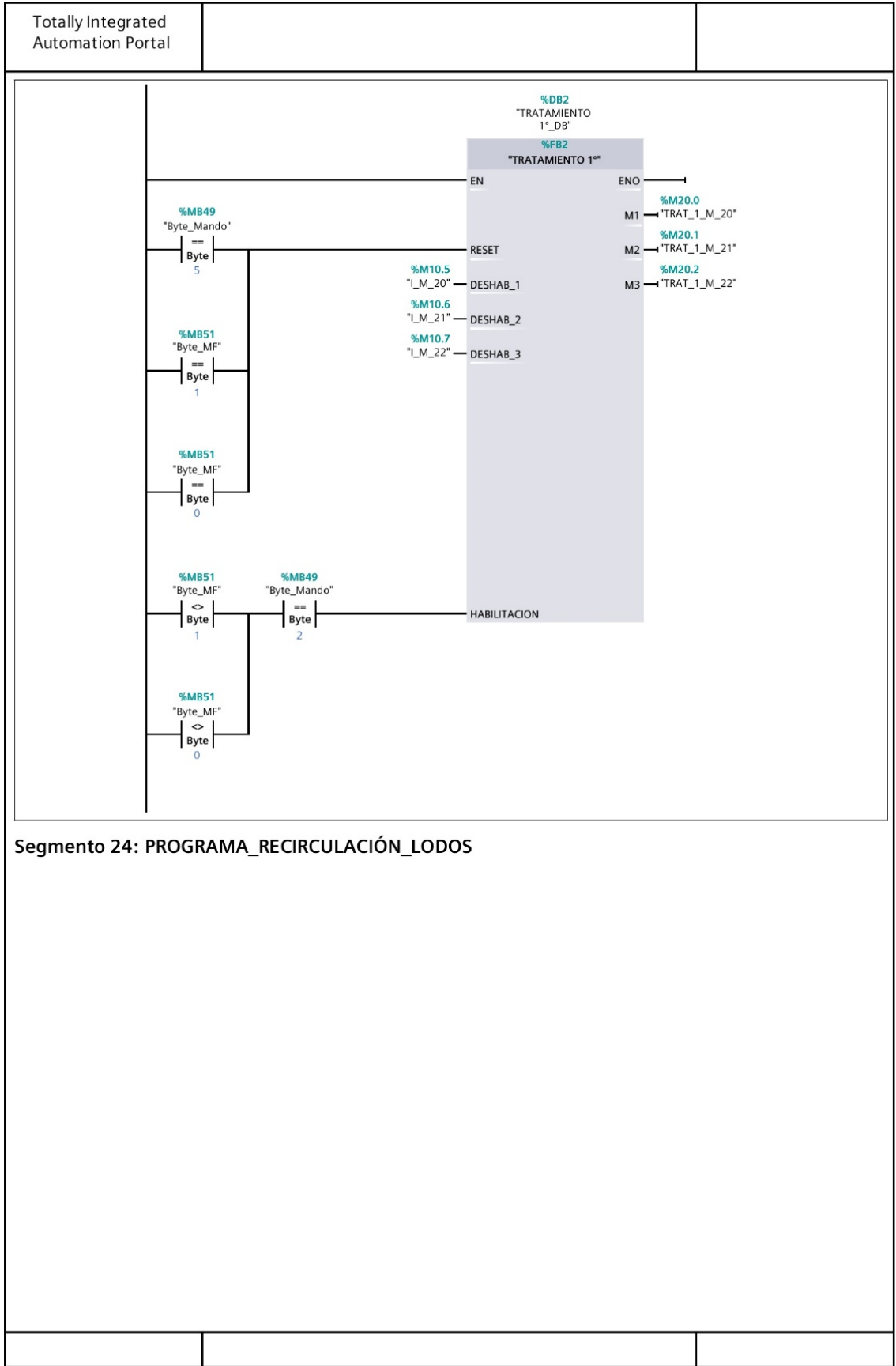
Totally Integrated Automation Portal		
<div></div>		
Segmento 13: MANDO_C_INICIALES		
<div></div>		
Segmento 14: MANDO_C_NIVEES		
<div></div>		
Segmento 15: MANDO_C_BOMBAS/MOTORES		
<div></div>		
Segmento 16: PROGRAMA_CF		
<div></div>		

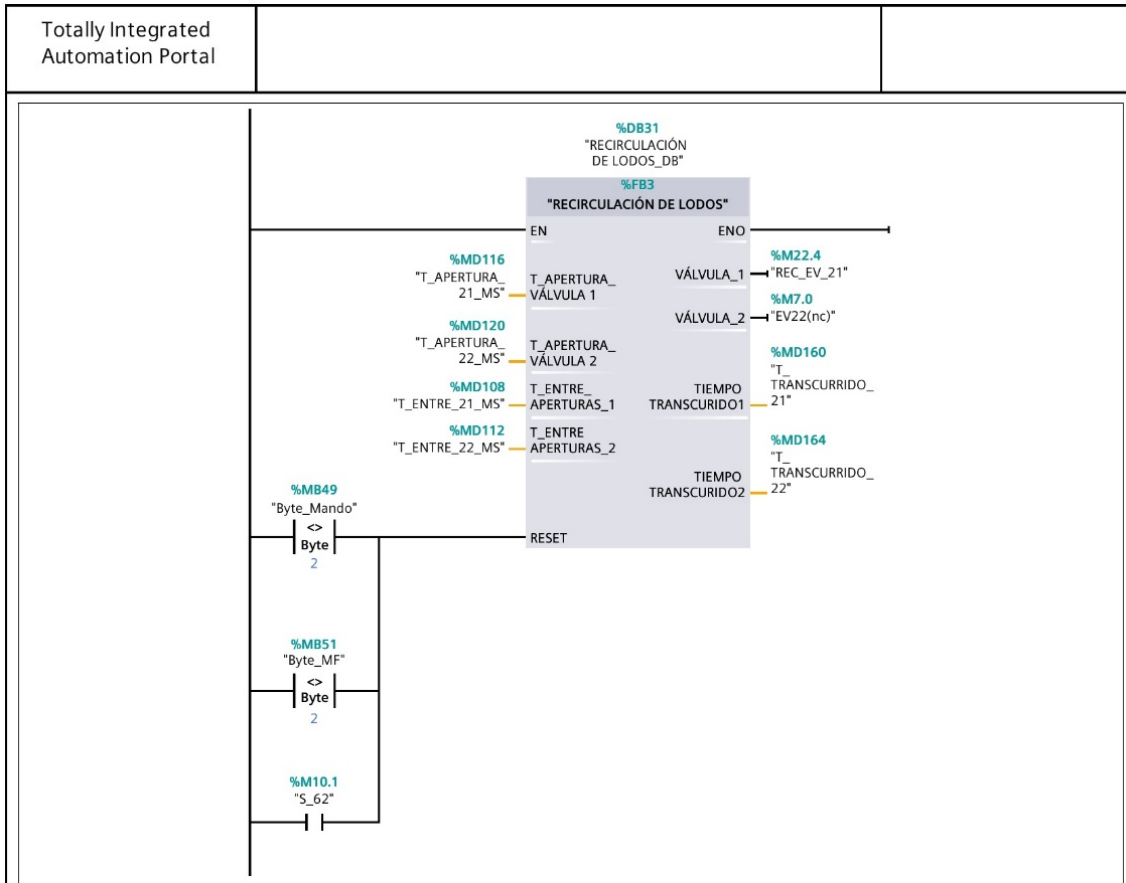
Totally Integrated Automation Portal		
Segmento 17:		
Segmento 18: PROGRAMA_MF		
Segmento 19:		
Segmento 20:		
Segmento 21:		

Segmento 22: PROGRAMA_PRETRATAMIENTO

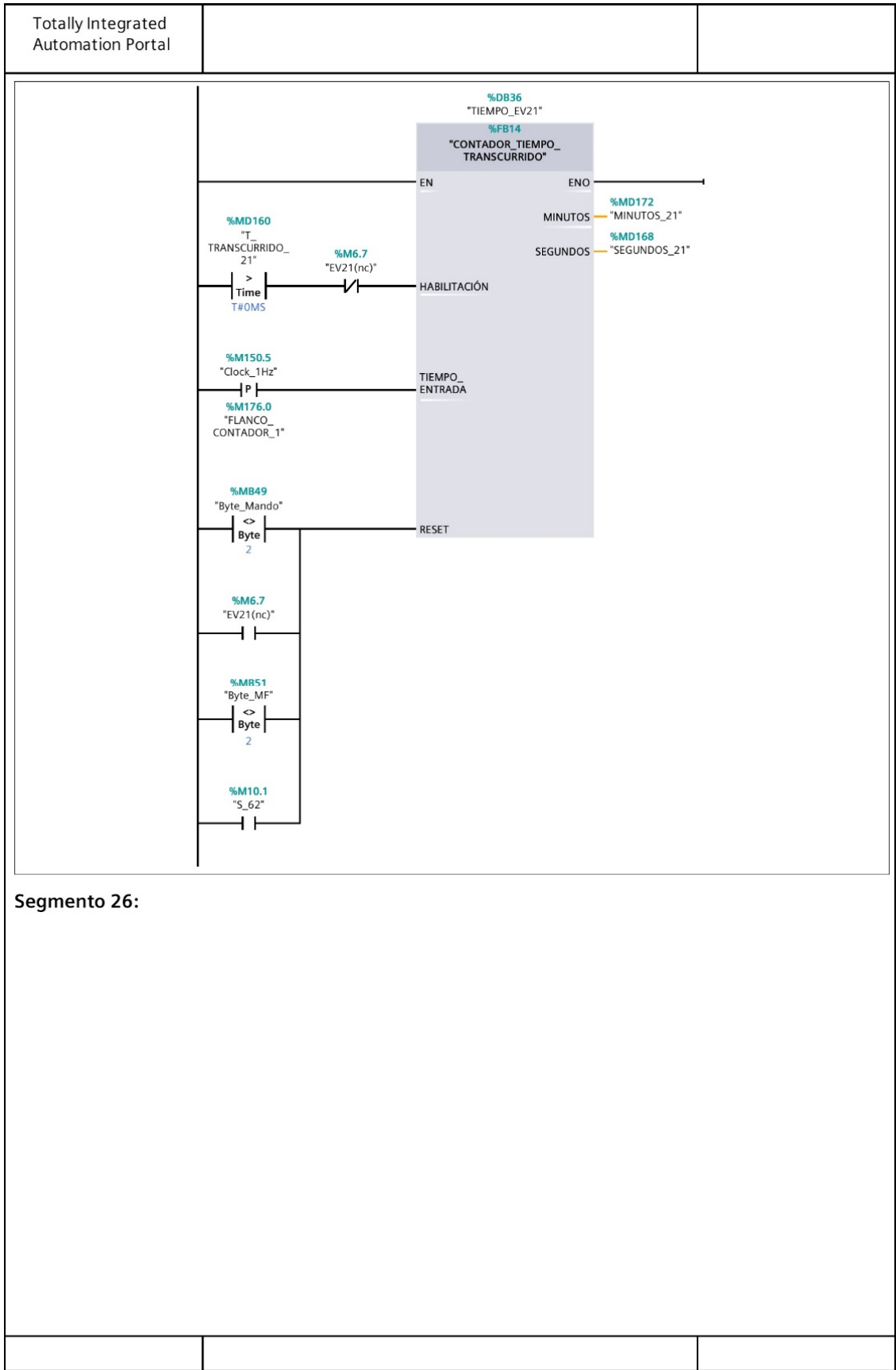


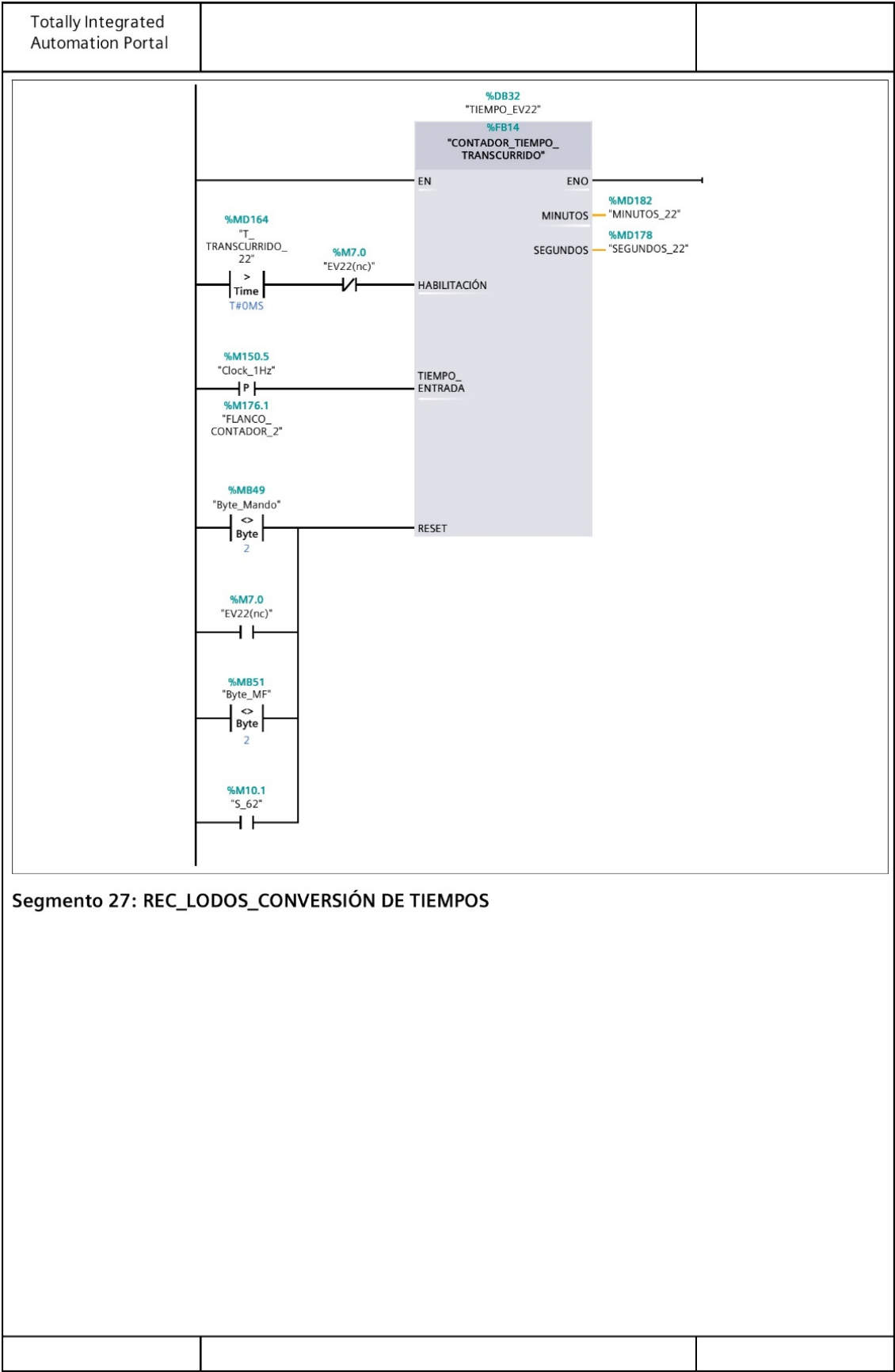
Segmento 23: PROGRAMA_TRATAMIENTO_PRIMARIO

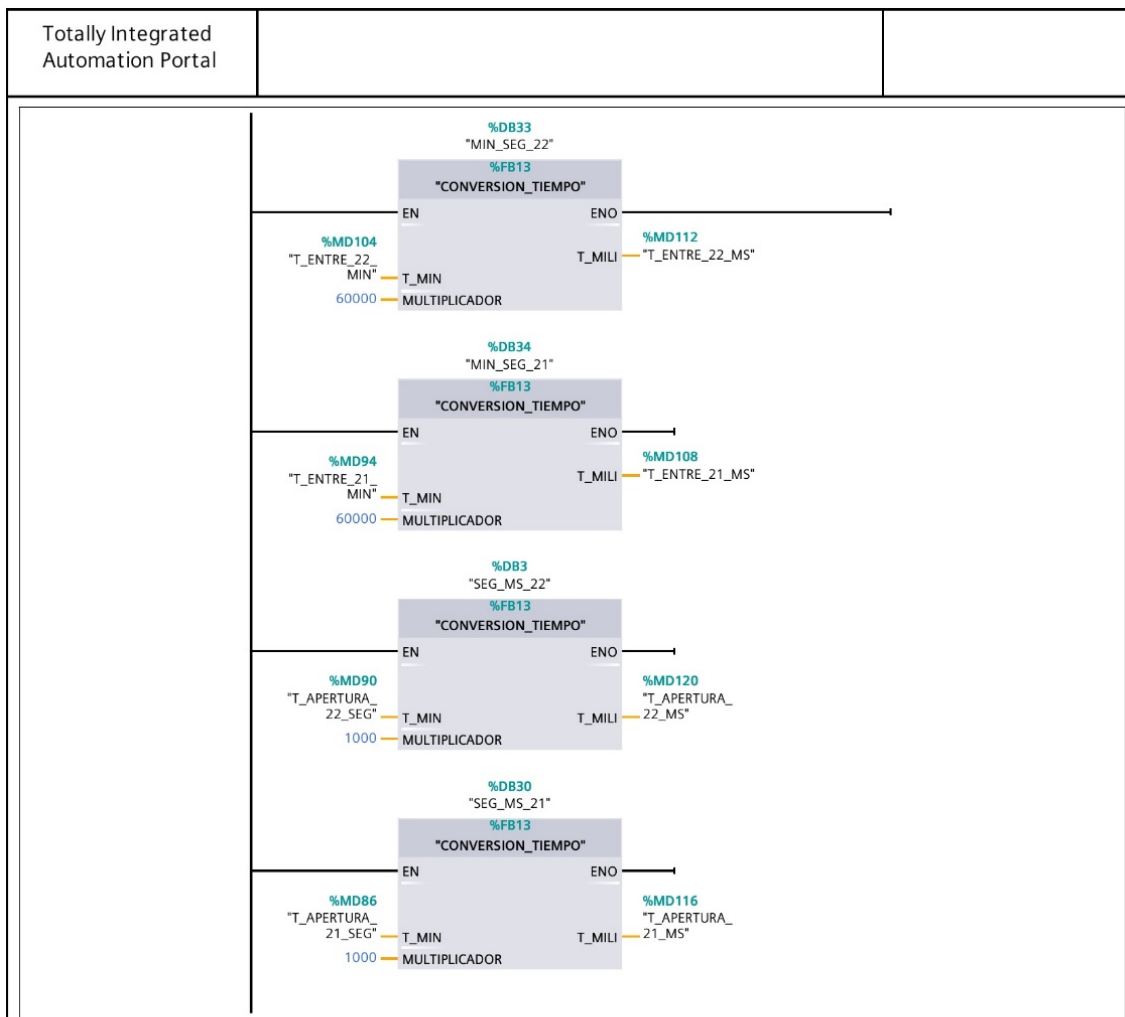




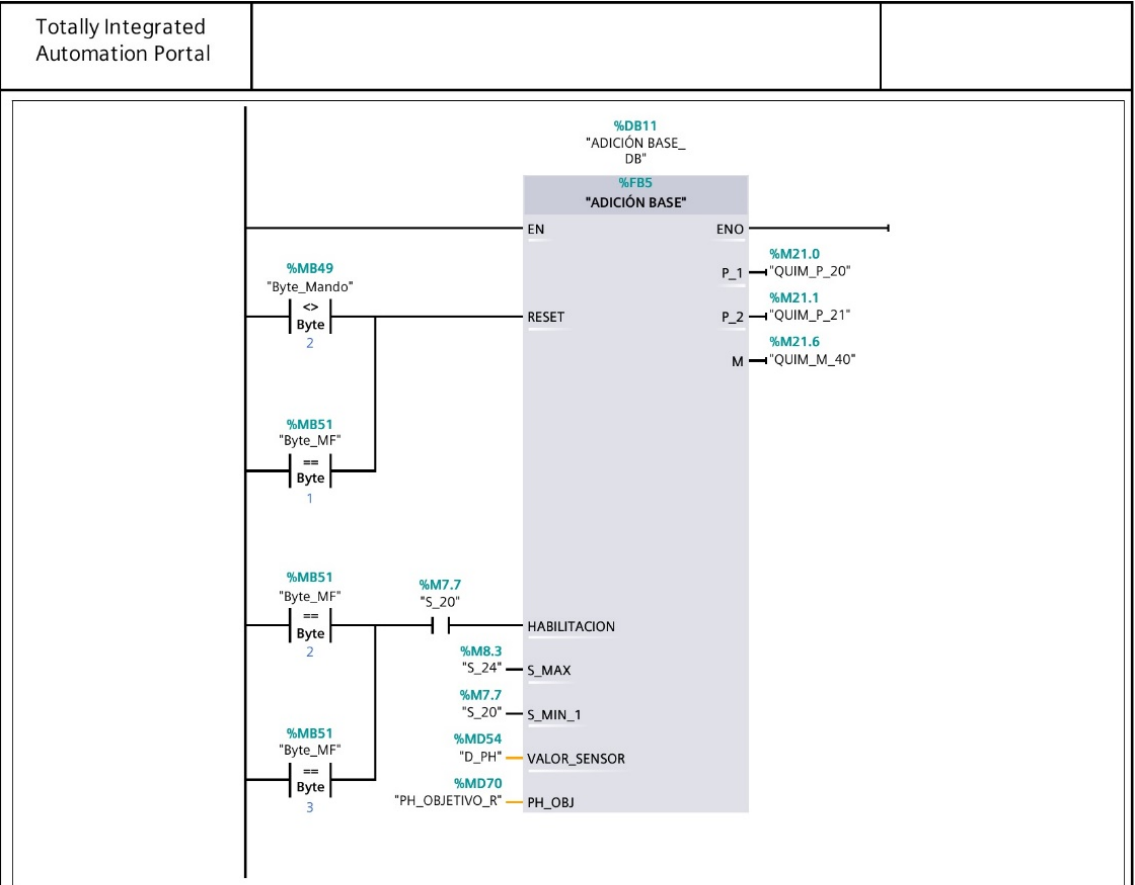
Segmento 25: CONTADOR_TIEMPO_APERTURA_VÁLVULA_21



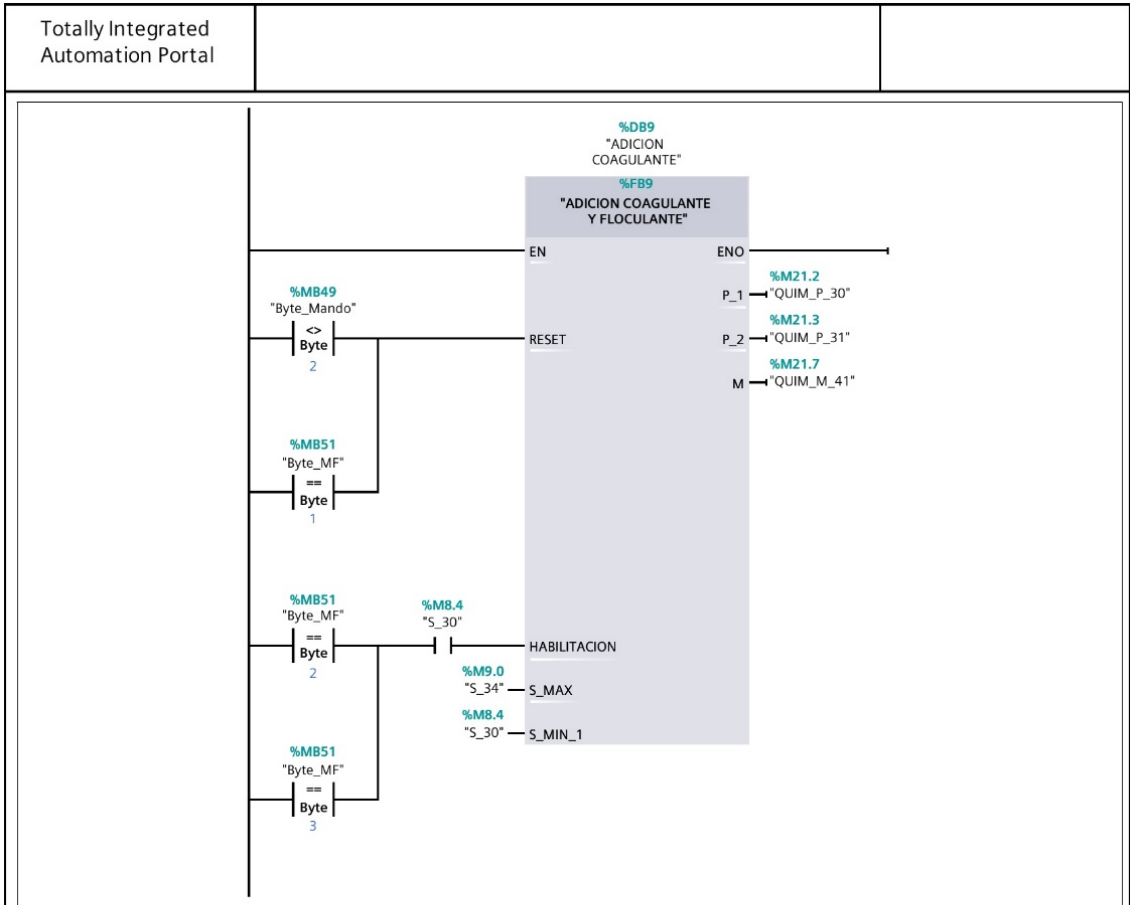




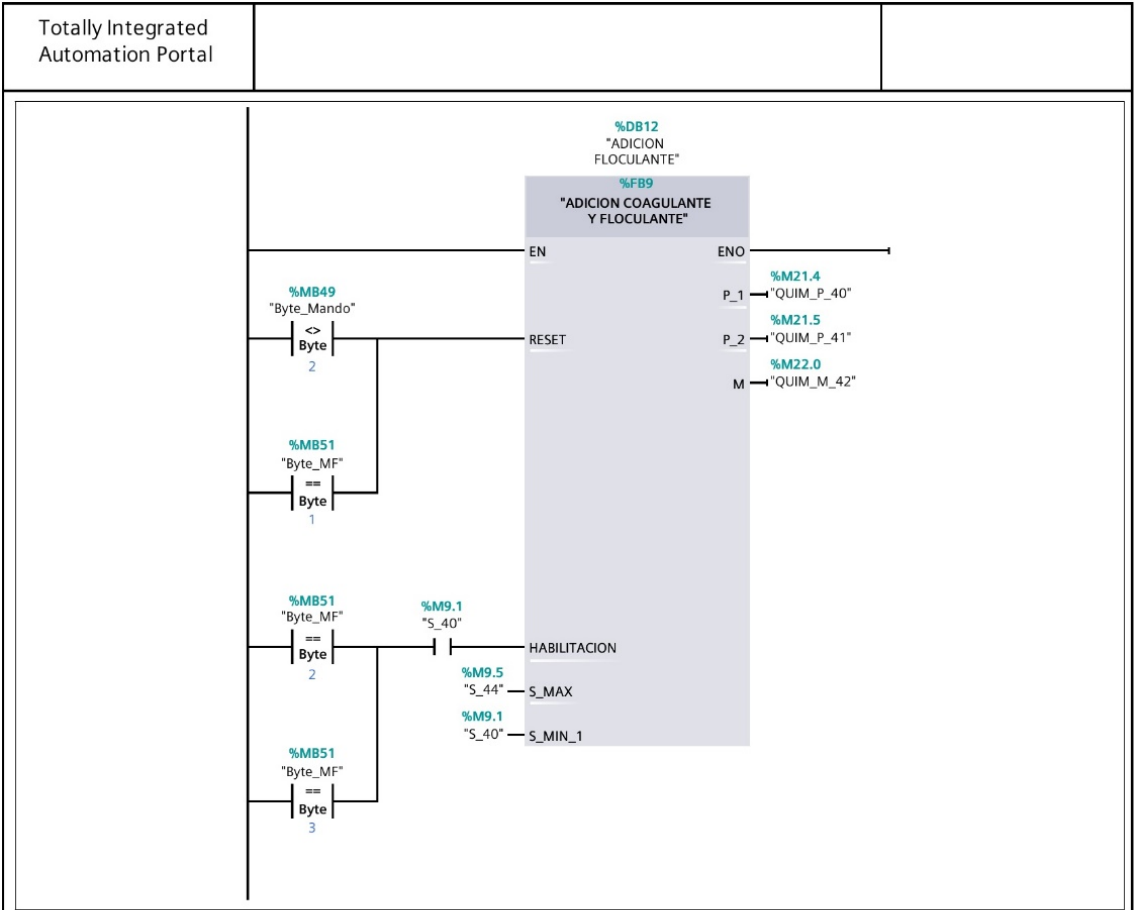
Segmento 28: PROGRAMA_INYECCIÓN_BASE



Segmento 29: PROGRAMA_INYECCIÓN_COAGULANTE

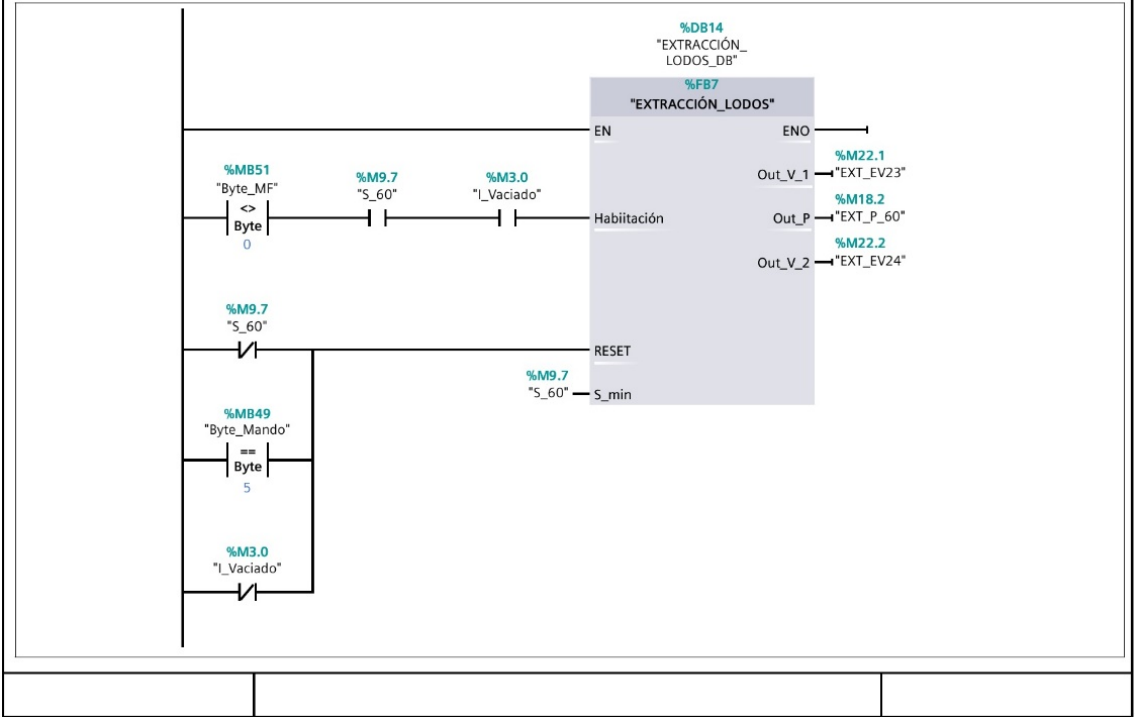


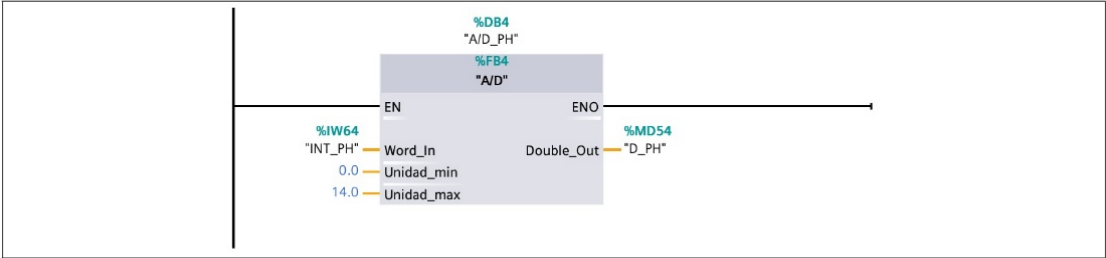
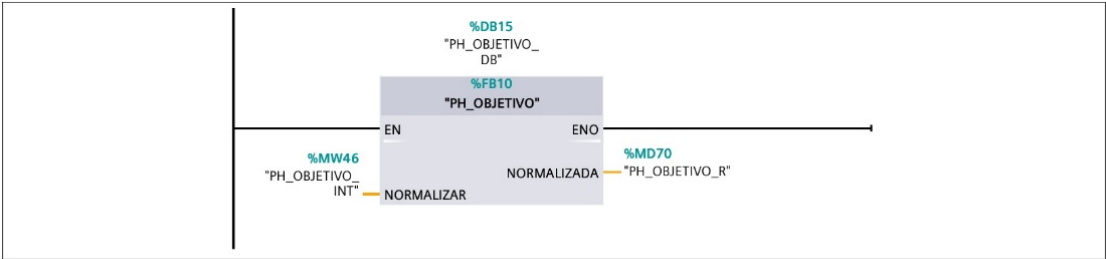
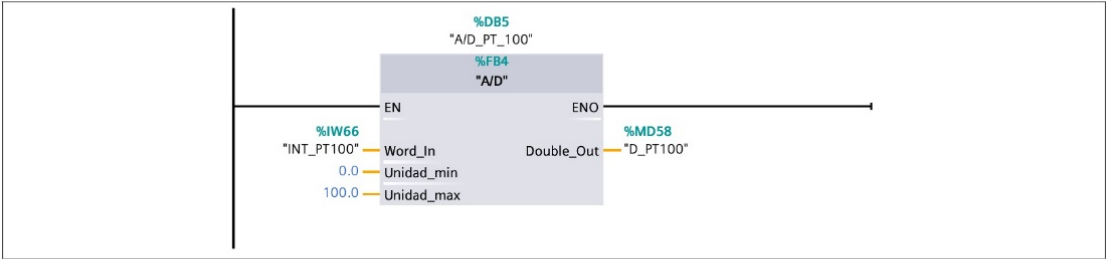
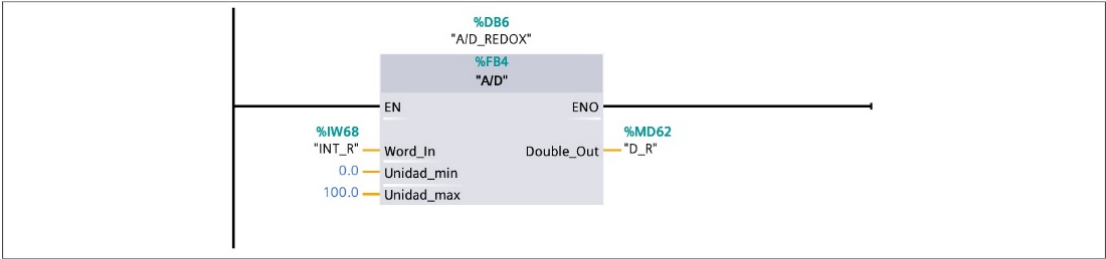
Segmento 30: PROGRAMA_INYECCIÓN_POLIELECTROLITO



Segmento 31: PROGRAMA_EXTRACCIÓN_LODOS

meter sensores



Totally Integrated Automation Portal		
Segmento 32: ESCALADO DE PH		
		
Segmento 33: PH_OBJETIVO		
		
Segmento 34: ESCALADO DE TEMPERATURA		
		
Segmento 35: ESCALADO DE RE-OX		
		
Segmento 36: ESCALADO DE O_2		

Totally Integrated Automation Portal

Segmento 37: ESCALADO APERTURA BASE

EL VALORDEAPERTURA BASE SE ADQUIERE EN EL HMI CON UNA BARRA DE 0 A 100%

Segmento 38: ESCALADO APERTURA COAGULANTE

Segmento 39: ESCALADO APERTURA POLIELEC

Totally Integrated Automation Portal

Segmento 40: TRATAMIENTO_SECUNDARIO

```
graph LR
    EN((EN)) --- FB12[FB12: TRATAMIENTO_SECUNDARIO]
    S_CANAL[S_CANAL] --- FB12
    HABILITACION[HABILITACION] --- FB12
    FB12 -- ENO --> ENO((ENO))
    FB12 -- M_IMPULSOR --> M_IMPULSOR[M_IMPULSOR]
    FB12 -- M_O2 --> M_O2[M_O2]
    FB12 -- M_CLARIF --> M_CLARIF[M_CLARIF]
```

Inputs:

- EN: %M9.6
- S_CANAL: %MB51 "Byte_MF"
- HABILITACION: 2

Outputs:

- ENO: %M20.3
- M_IMPULSOR: %M20.4
- M_O2: %M20.5
- M_CLARIF: %M20.5

Function Block: %FB12 "TRATAMIENTO_SECUNDARIO"

Database: %DB25 "TRATAMIENTO_SECUNDARIO_DB"

Segmento 41: ESCALADO_VARIADOR_M_30

```
graph LR
    EN((EN)) --- FB6[FB6: D/A]
    Word_Int[Word_Int] --- FB6
    FB6 -- Señal_Func --> Señal_Func[Señal_Func]
    Señal_Func --> QW80[QW80: ANALOG_M_30]
```

Inputs:

- EN: %MW42 "CONSIGNA_VARIADOR_M_30"
- Word_Int: 0

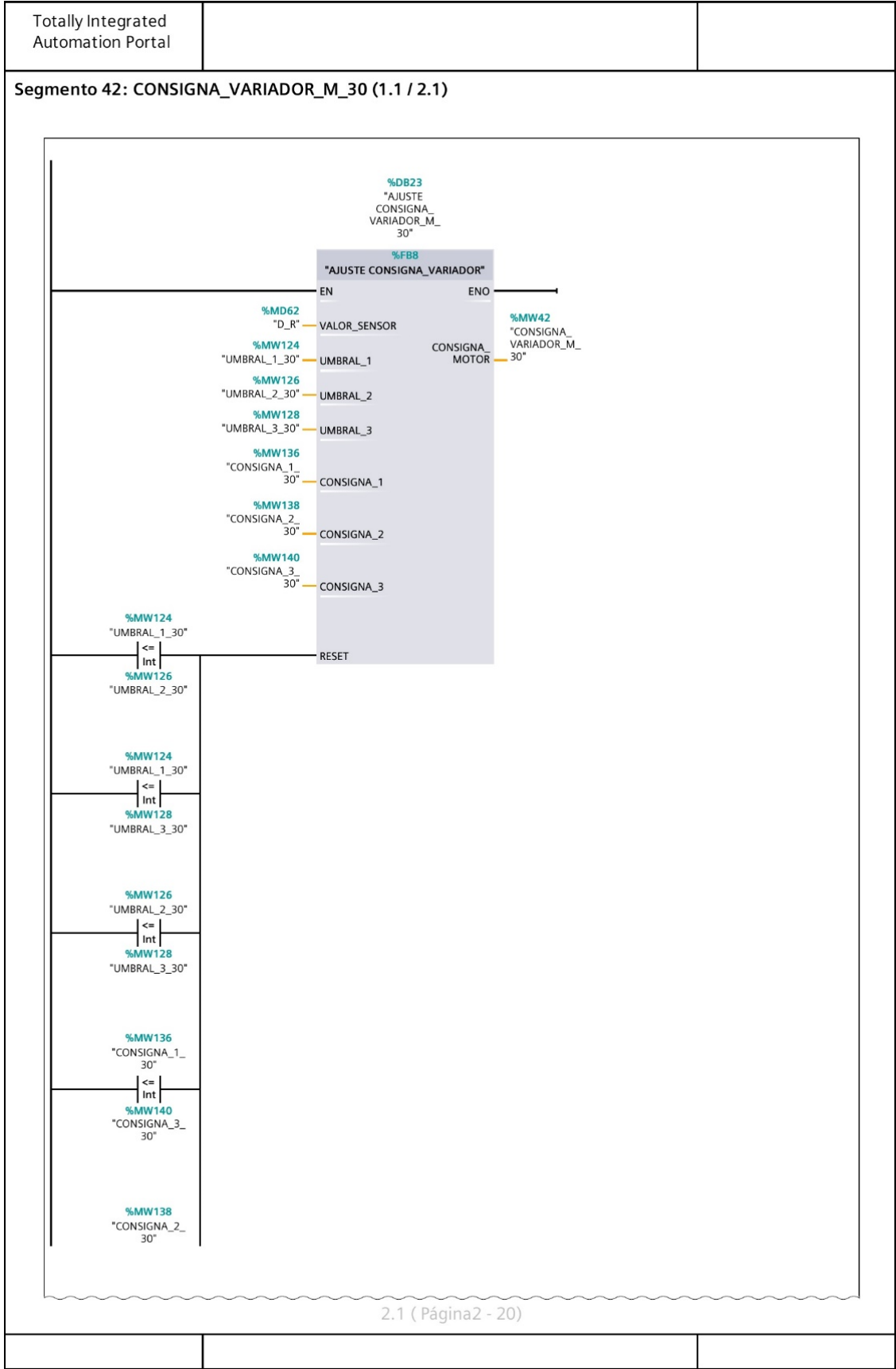
Output:

- Señal_Func: %QW80 "ANALOG_M_30"

Function Block: %FB6 "D/A"

Database: %DB21 "VARIADOR_M_30"

Segmento 42: CONSIGNA_VARIADOR_M_30



Totally Integrated Automation Portal		
---	--	--

Segmento 42: CONSIGNA_VARIADOR_M_30 (2.1 / 2.1)

1.1 (Página2 - 19)

<= | Int |

%MW140

"CONSIGNA_3_
30"

%MW136

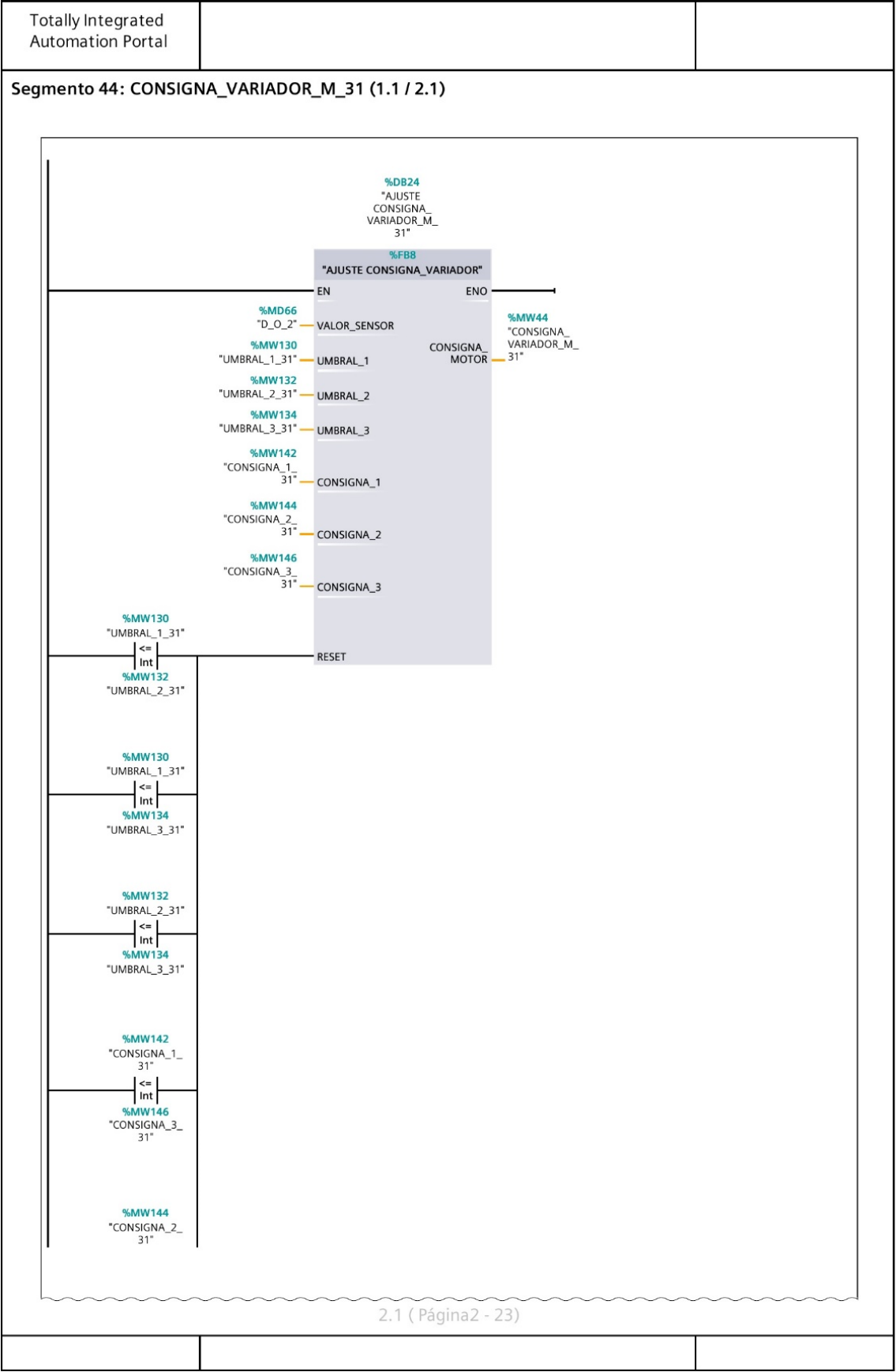
"CONSIGNA_1_
30"

<= | Int |

%MW138

"CONSIGNA_2_
30"

Totally Integrated Automation Portal		
<p>Segmento 43: ESCALADO_VARIADOR_M_31</p> <div> <pre> graph LR EN((EN)) --- FB6[FB6] FB6 -- ENO --> ENO((ENO)) FB6 -- Señal_Func --> QW82[QW82] QW82 -- "ANALOG_M_31" --> QW82 MW44[MW44] -- "CONSIGNA_VARIADOR_M_31" --> Word_Int[Word_Int] 0 -- "Valor_Min" --> Valor_Min[Valor_Min] 1500 -- "Valor_Max" --> Valor_Max[Valor_Max] </pre> </div>		
<p>Segmento 44: CONSIGNA_VARIADOR_M_31</p>		



Totally Integrated Automation Portal		
<div>Segmento 44: CONSIGNA_VARIADOR_M_31 (2.1 / 2.1)</div> <div>1.1 (Página2 - 22)</div> <div><div><div><div><div><div></div></div><div><div><=</div><div>Int</div></div></div><div><div>%MW146</div><div>"CONSIGNA_3_ 31"</div></div></div><div><div>%MW142</div><div>"CONSIGNA_1_ 31"</div></div></div><div><div><div><=</div><div>Int</div></div><div><div>%MW144</div><div>"CONSIGNA_2_ 31"</div></div></div></div>		

Totally Integrated Automation Portal		
<div>Segmento 45: SALIDAS P_10</div> <div>P_10</div> <div></div>		
<div>Segmento 46: SALIDAS M_10</div> <div></div>		
<div>Segmento 47: SALIDAS M_11</div> <div></div>		
<div>Segmento 48: SALIDAS M_20</div> <div></div>		
<div>Segmento 49: SALIDAS M_21</div>		

Totally Integrated Automation Portal		
Segmento 54: SALIDAS M_40		
Segmento 55: SALIDAS M_41		
Segmento 56: SALIDAS M_42		
Segmento 57: SALIDAS P_20		
Segmento 58: SALIDAS P_21		

Totally Integrated Automation Portal		
Segmento 59: SALIDAS P_30		
Segmento 60: SALIDAS P_31		
Segmento 61: SALIDAS P_40		
Segmento 62: SALIDAS P_41		

Totally Integrated Automation Portal		
<pre> graph LR M215["%M21.5 \"QUIM_P_41\""] --- AND1(()) M165["%M16.5 \"MAN_P_41\""] --- AND1 AND1 --- M116["%M11.6 \"I_Conjunto_floc\""] M116 --- M141["%M14.1 \"Q_P_41\""] style M116 stroke-dasharray: 5 5 style M141 fill:#fff,stroke:#000,stroke-width:1px </pre>		
Segmento 63: SALIDAS P_60		
<pre> graph LR M182["%M18.2 \"EXT_P_60\""] --- AND1(()) M156["%M15.6 \"MAN_P_60\""] --- AND1 AND1 --- M113["%M11.3 \"I_P_60\""] M113 --- M131["%M13.1 \"Q_P_60\""] style M113 stroke-dasharray: 5 5 style M131 fill:#fff,stroke:#000,stroke-width:1px </pre>		
Segmento 64: SALIDAS P_61		
<pre> graph LR MB49["%MB49 \"Byte_Mando\" Byte 2"] --- AND1(()) M157["%M15.7 \"MAN_P_61\""] --- AND1 AND1 --- M133["%M13.3 \"I_P_61\""] M133 --- M132["%M13.2 \"Q_P_61\""] style M133 stroke-dasharray: 5 5 style M132 fill:#fff,stroke:#000,stroke-width:1px </pre>		
Segmento 65: SALIDAS_EV11		
<pre> graph LR MB50["%MB50 \"Byte_CF\" Byte 1"] --- M61["%M6.1 \"EV11(nc)\""] style M61 fill:#fff,stroke:#000,stroke-width:1px </pre>		
Segmento 66: SALIDAS_VALVULAS_BY_PASS_PRIMARIO		

[illegible]

Totally Integrated Automation Portal		
---	--	--

```
graph LR; M2222["%M22.2  
'EXT_EV24'"] --- AND1(( )); M185["%M18.5  
'MAN_EV_24'"] --- AND1; AND1 --- M72["%M7.2  
'EV24(nc)'"]
```

Segmento 71: SALIDAS VALVULA 21

```
graph LR; M224["%M22.4  
'REC_EV_21'"] --- AND2(( )); M223["%M22.3  
'MAN_EV_21'"] --- AND2; AND2 --- M67["%M6.7  
'EV21(nc)'"]
```

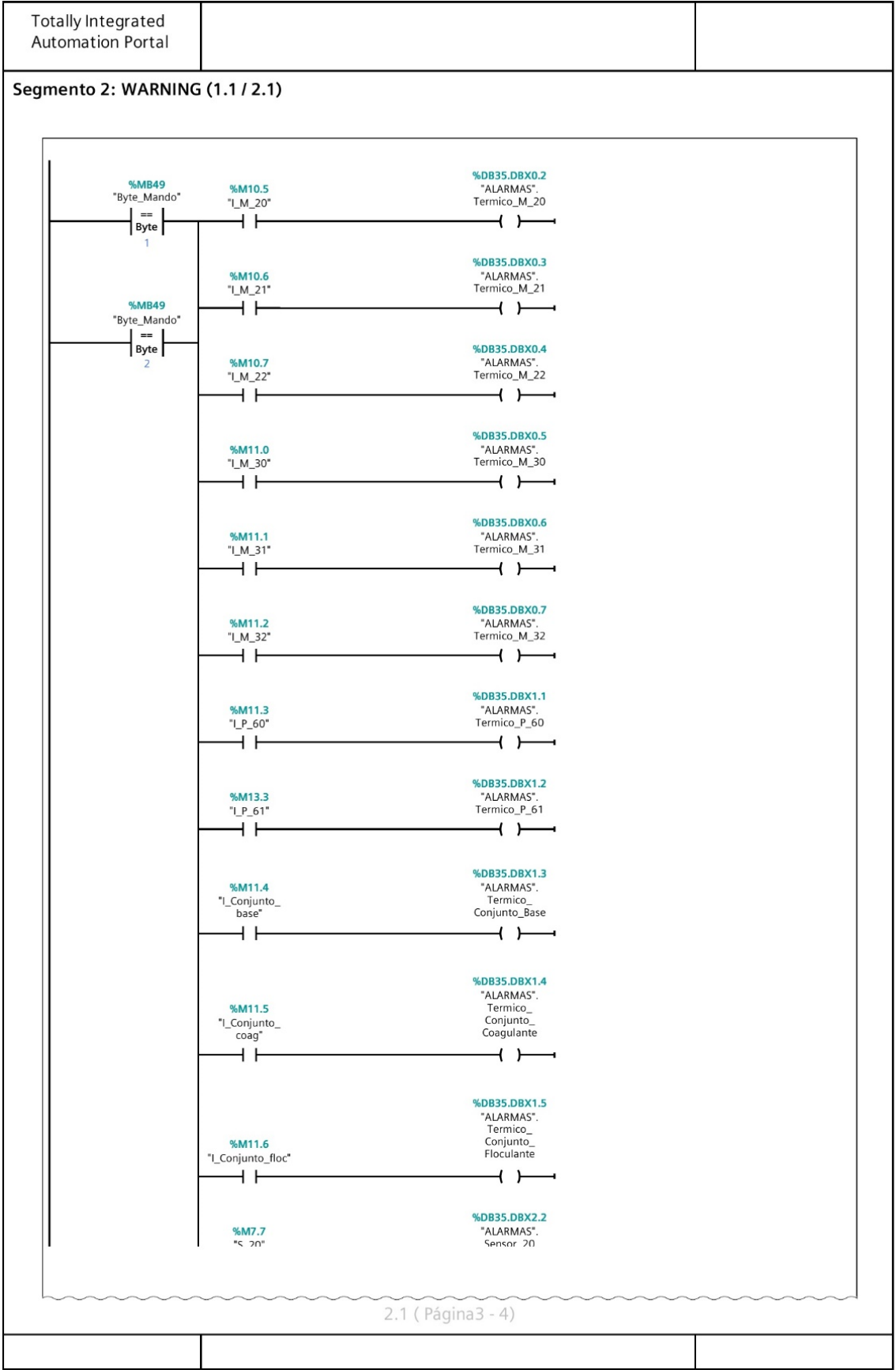
Segmento 72: FUNCION DE ALARMAS

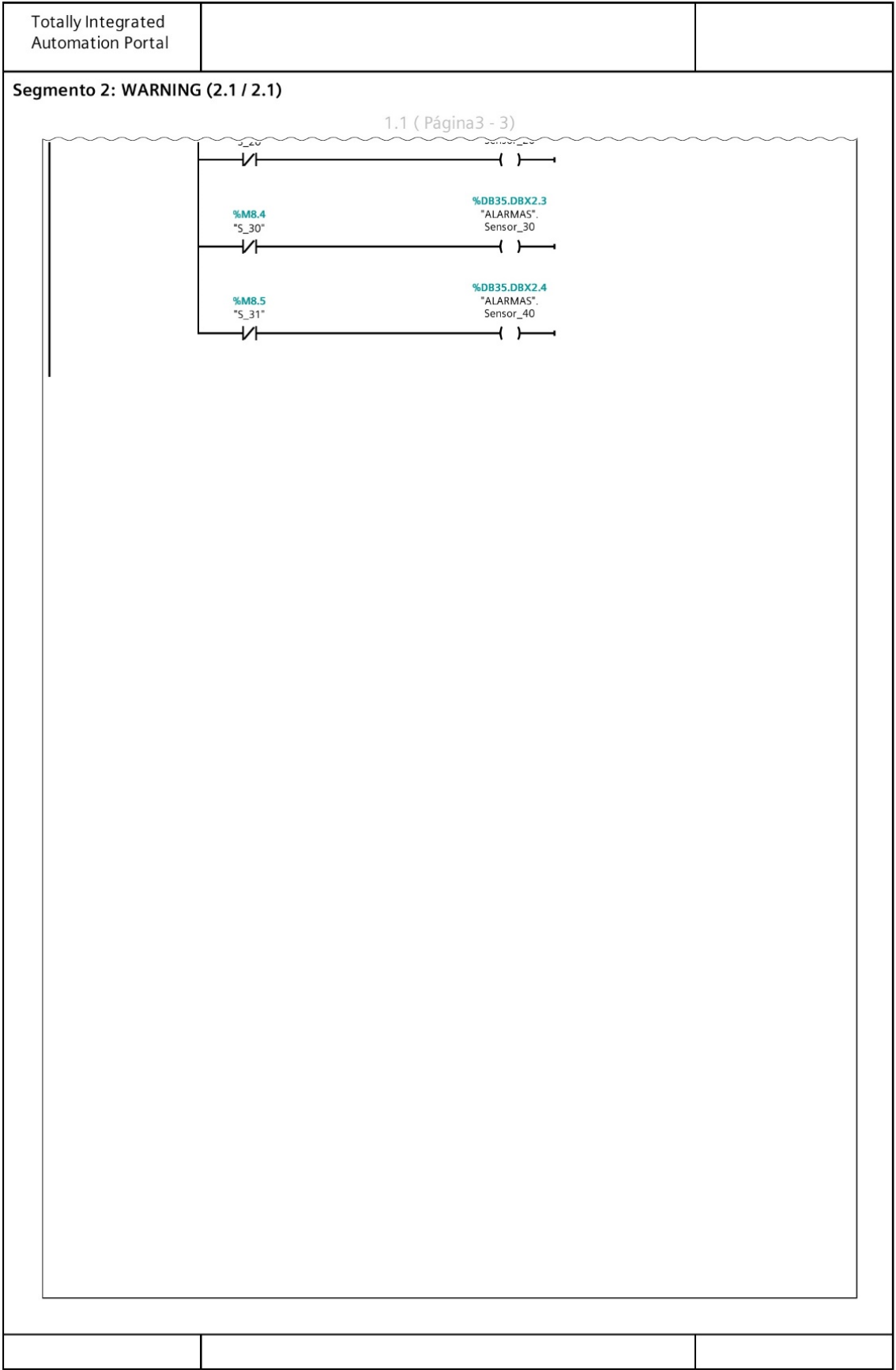
```
graph LR; EN --- FC1["%FC1  
'ALARMAS Y AVISOS'"]; FC1 --- ENO --- Line[ ]
```

Segmento 73:

Totally Integrated Automation Portal					
ALARMAS Y AVISOS [FC1]					
ALARMAS Y AVISOS Propiedades					
General					
Nombre	ALARMAS Y AVISOS	Número	1	Tipo	FC
Idioma	KOP	Numeración	Automático		
Información					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	
Nombre		Tipo de datos		Valor predet.	
Input					
Output					
InOut					
Temp					
Constant					
▼ Return					
ALARMAS Y AVISOS		Void			
Segmento 1: ERROR					
<div><div><div><div><div>%MB49 "Byte_Mando"</div><div>--</div><div>Byte</div><div>1</div></div><div><div>%MB49 "Byte_Mando"</div><div>==</div><div>Byte</div><div>2</div></div></div><div><div><div>%M10.3 "I_M_10"</div><div>— / —</div><div>%DB35.DBX0.0 "ALARMAS". Termico_M_10</div></div><div><div>%M10.4 "I_M_11"</div><div>— / —</div><div>%DB35.DBX0.1 "ALARMAS". Termico_M_11</div></div><div><div>%M10.2 "I_P_10"</div><div>— / —</div><div>%DB35.DBX1.0 "ALARMAS". Termico_P_10</div></div><div><div>%M7.3 "S_0"</div><div>— / —</div><div>%DB35.DBX1.6 "ALARMAS". Sensor_0</div></div><div><div>%M7.4 "S_10"</div><div>— / —</div><div>%DB35.DBX1.7 "ALARMAS". Sensor_10</div></div><div><div>%M7.6 "S_12"</div><div>— / —</div><div>%DB35.DBX2.0 "ALARMAS". Sensor_12</div></div><div><div>%M10.1 "S_62"</div><div>— / —</div><div>%DB35.DBX2.1 "ALARMAS". Sensor_62</div></div></div></div></div>					

Totally Integrated Automation Portal		
Segmento 2: WARNING		





Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

A/D [FB4]

A/D Propiedades

General

Nombre	A/D	Número	4	Tipo	FB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		

Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia
▼ Input			
Word_In	Int	0	No remanente
Unidad_min	Real	0.0	No remanente
Unidad_max	Real	0.0	No remanente
▼ Output			
Double_Out	Real	0.0	No remanente
InOut			
▼ Static			
D_INTERMEDIA	Real	0.0	No remanente
Temp			
Constant			

Segmento 1:

NORM_X

Int to Real

EN

0 — MIN

#Word_In — VALUE

27648 — MAX

ENO

OUT — #D_INTERMEDIA

Segmento 2:

SCALE_X

Real to Real

EN

#Unidad_min — MIN

#D_INTERMEDIA — VALUE

#Unidad_max — MAX

ENO

OUT — #Double_Out

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

ADICIÓN BASE [FB5]

ADICIÓN BASE Propiedades

General

Nombre	ADICIÓN BASE	Número	5	Tipo	FB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		

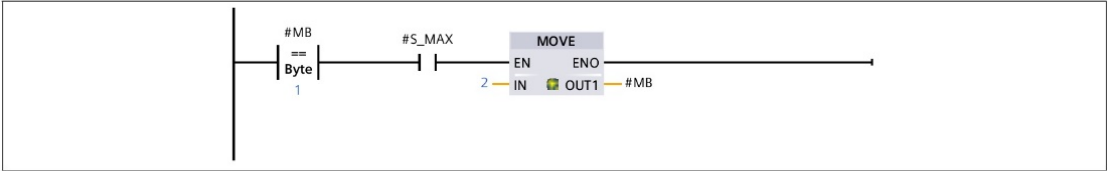
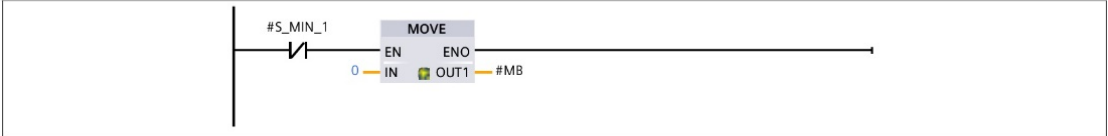
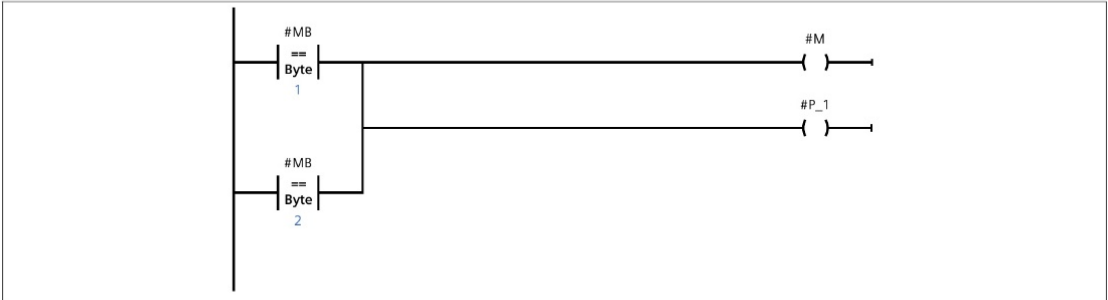

Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia
▼ Input			
RESET	Bool	false	No remanente
HABILITACION	Bool	false	No remanente
S_MAX	Bool	false	No remanente
S_MIN_1	Bool	false	No remanente
VALOR_SENSOR	Real	0.0	No remanente
PH_OBJ	Real	0.0	No remanente
▼ Output			
P_1	Bool	false	No remanente
P_2	Bool	false	No remanente
M	Bool	false	No remanente
InOut			
▼ Static			
MB	Byte	16#0	No remanente
Temp			
Constant			

Segmento 1:

Segmento 2:

Totally Integrated Automation Portal		
Segmento 3:		
		
Segmento 4:		
		
Segmento 5: SALIDAS		
		
Segmento 6:		
		

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

ADICION COAGULANTE Y FLOCULANTE [FB9]

ADICION COAGULANTE Y FLOCULANTE Propiedades

General

Nombre	ADICION COAGULANTE Y FLOCULANTE	Número	9	Tipo	FB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		

Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia
▼ Input			
RESET	Bool	false	No remanente
HABILITACION	Bool	false	No remanente
S_MAX	Bool	false	No remanente
S_MIN_1	Bool	false	No remanente
▼ Output			
P_1	Bool	false	No remanente
P_2	Bool	false	No remanente
M	Bool	false	No remanente
InOut			
▼ Static			
MB	Byte	16#0	No remanente
Temp			
Constant			

Segmento 1:

#RESET

MOVE

0 IN

OUT1

#MB

Segmento 2:

#MB

Byte

0

#HABILITACION

MOVE

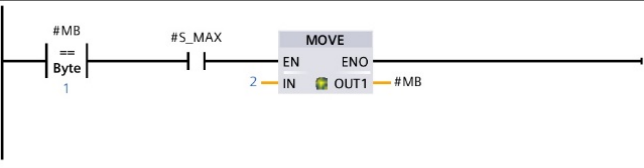
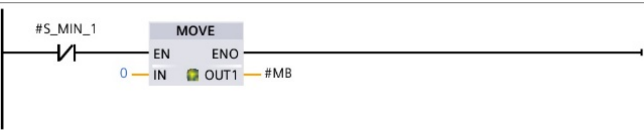
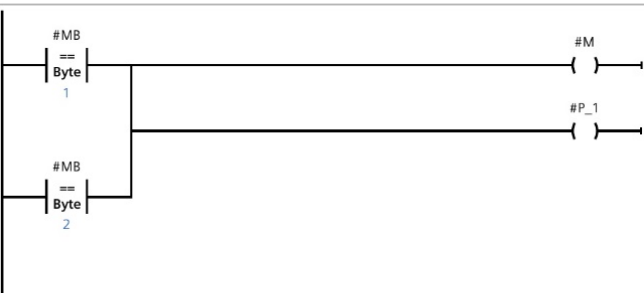
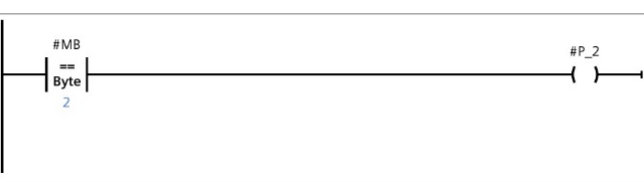
1 IN

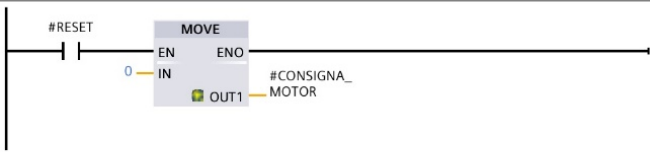
OUT1

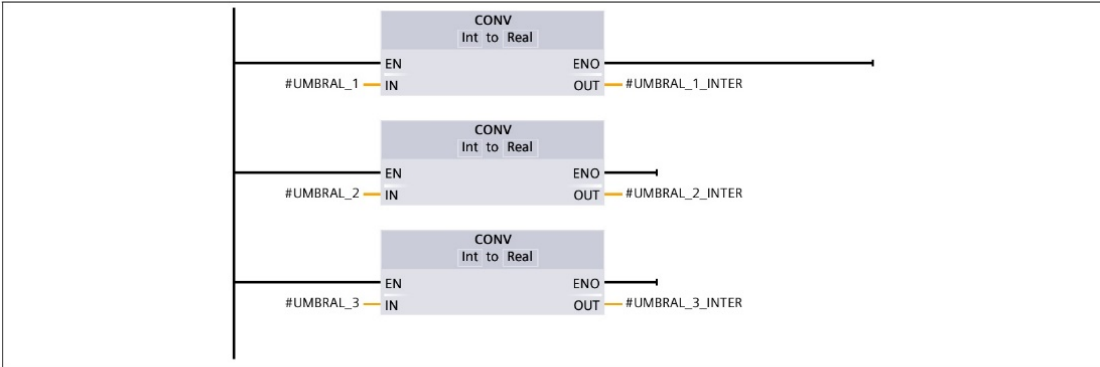
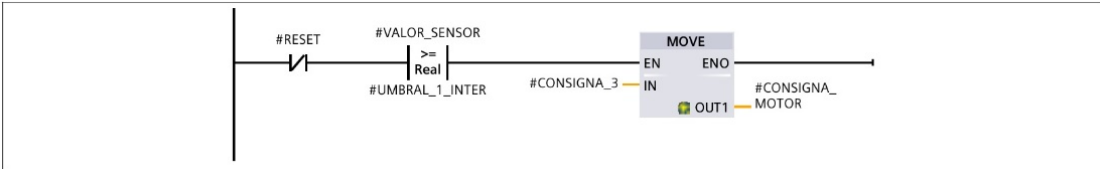
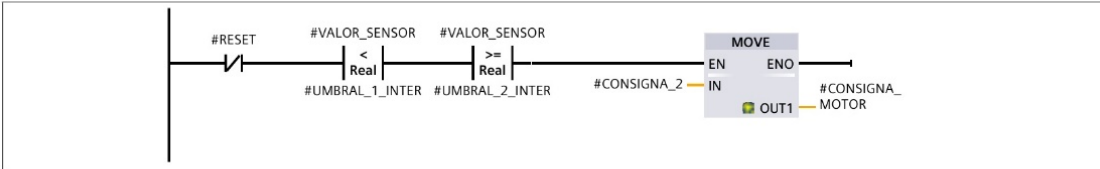
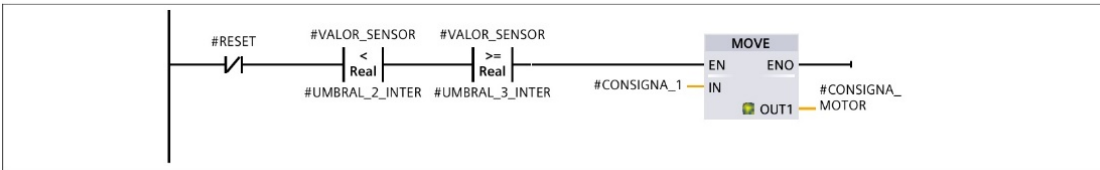
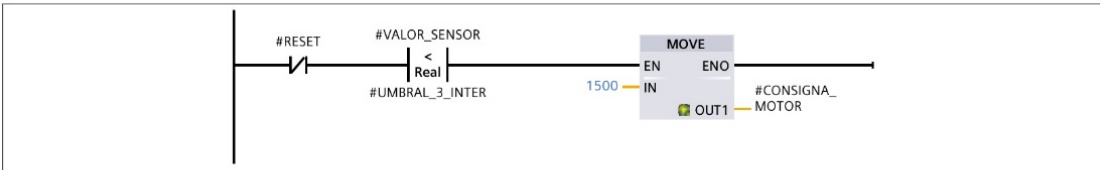
#MB

Segmento 3:

95

Totally Integrated Automation Portal		
		
Segmento 4:		
		
Segmento 5: SALIDAS		
		
Segmento 6:		
		

Totally Integrated Automation Portal					
AJUSTE CONSIGNA_VARIADOR [FB8]					
AJUSTE CONSIGNA_VARIADOR Propiedades					
General					
Nombre	AJUSTE CONSIGNA_VARIADOR	Número	8	Tipo	FB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		
Información					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	
Nombre		Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia	
▼ Input					
VALOR_SENSOR		Real	0.0	No remanente	
UMBRAL_1		Int	0	No remanente	
UMBRAL_2		Int	0	No remanente	
UMBRAL_3		Int	0	No remanente	
CONSIGNA_1		Int	0	No remanente	
CONSIGNA_2		Int	0	No remanente	
CONSIGNA_3		Int	0	No remanente	
RESET		Bool	false	No remanente	
▼ Output					
CONSIGNA_MOTOR		Int	0	No remanente	
InOut					
▼ Static					
UMBRAL_1_INTER		Real	0.0	No remanente	
UMBRAL_2_INTER		Real	0.0	No remanente	
UMBRAL_3_INTER		Real	0.0	No remanente	
Temp					
Constant					
Segmento 1: SEGURIDAD					
					
Segmento 2: CONVERSIÓN					

Totally Integrated Automation Portal		
		
Segmento 3:		
Segmento 4:		
Segmento 5:		
Segmento 6:		

Totally Integrated Automation Portal					
CONTADOR_TIEMPO_TRANSCURRIDO [FB14]					
CONTADOR_TIEMPO_TRANSCURRIDO Propiedades					
General					
Nombre	CONTADOR_TIEM- PO_TRANSCURRIDO	Número	14	Tipo	FB
Idioma	SCL	Numeración	Automático		
Información					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personali- zada	
Nombre		Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia	
▼ Input					
HABILITACIÓN		Bool	false	No remanente	
TIEMPO_ENTRADA		Bool	false	No remanente	
RESET		Bool	false	No remanente	
▼ Output					
MINUTOS		Dint	0	No remanente	
SEGUNDOS		Dint	0	No remanente	
InOut					
Static					
Temp					
Constant					
<pre> 0001 IF #HABILITACIÓN THEN 0002 IF #TIEMPO_ENTRADA THEN 0003 #SEGUNDOS := #SEGUNDOS + 1; 0004 IF #SEGUNDOS >= 60 THEN 0005 #MINUTOS := #MINUTOS + 1; 0006 #SEGUNDOS := 0; 0007 0008 END_IF; 0009 END_IF; 0010 END_IF; 0011 IF #RESET THEN 0012 #MINUTOS := 0; 0013 #SEGUNDOS := 0; 0014 END_IF; 0015 0016 0017 0018 0019 </pre>					

Totally Integrated Automation Portal					
CONVERSION_TIEMPO [FB13]					
CONVERSION_TIEMPO Propiedades					
General					
Nombre	CONVERSION_TIEMPO	Número	13	Tipo	FB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		
Información					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	
Nombre		Tipo de datos		Valor predet.	
▼ Input					
T_MIN		DInt		0	
MULTIPLICADOR		DInt		0	
▼ Output					
T_MILI		Time		T#0ms	
InOut					
▼ Static					
T_INTERM		DInt		0	
Temp					
Constant					
Segmento 1:					
<div><div><div>MUL</div><div>DInt</div><div>EN</div><div>ENO</div><div>IN1</div><div>OUT</div><div>IN2</div><div></div></div><div>#MULTIPLICADOR</div><div>#T_MIN</div><div>#T_INTERM</div></div>					
Segmento 2:					
<div><div><div>T_CONV</div><div>DInt TO Time</div><div>EN</div><div>ENO</div><div>IN</div><div>OUT</div></div><div>#T_INTERM</div><div>#T_MILI</div></div>					

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

D/A [FB6]

D/A Propiedades

General

Nombre	D/A	Número	6	Tipo	FB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		

Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia
▼ Input			
Word_Int	Int	0	No remanente
Valor_Min	Int	0	No remanente
Valor_Max	Int	0	No remanente
▼ Output			
Señal_Func	Int	0	No remanente
InOut			
▼ Static			
D_Int	Real	0.0	No remanente
Temp			
Constant			

Segmento 1:

NORM_X

Int to Real

EN

#Valor_Min — MIN

#Word_Int — VALUE

#Valor_Max — MAX

ENO

OUT — #D_Int

Segmento 2:

SCALE_X

Real to Int

EN

0 — MIN

#D_Int — VALUE

27648 — MAX

ENO

OUT — #Señal_Func

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

ESCALADO_APERTURA [FB11]

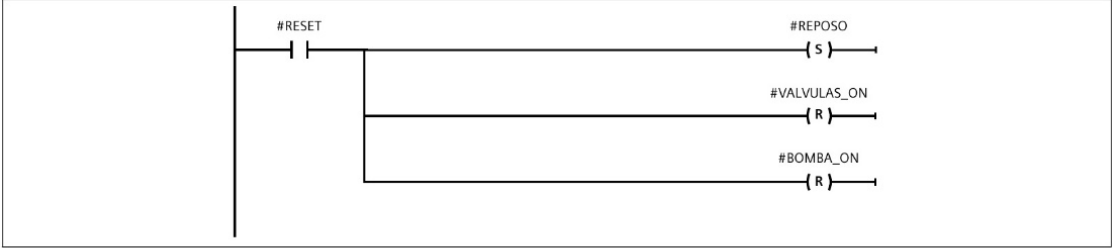
ESCALADO_APERTURA Propiedades					
General					
Nombre	ESCALADO_APERTURA	Número	11	Tipo	FB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		
Información					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia
▼ Input			
Word_Int	Int	0	No remanente
Valor_Min	Int	0	No remanente
Valor_Max	Int	0	No remanente
▼ Output			
Señal_Func	Real	0.0	No remanente
InOut			
▼ Static			
REAL_INTERMEDIO	Real	0.0	No remanente
Temp			
Constant			

Segmento 1:

Segmento 2:

--	--	--

Totally Integrated Automation Portal					
EXTRACCIÓN_LODOS [FB7]					
EXTRACCIÓN_LODOS Propiedades					
General					
Nombre	EXTRACCIÓN_LODOS	Número	7	Tipo	FB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		
Información					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	
Nombre	Tipo de datos		Valor predet.	Remanencia	
▼ Input					
Habitación	Bool	false	No remanente		
RESET	Bool	false	No remanente		
S_min	Bool	false	No remanente		
▼ Output					
Out_V_1	Bool	false	No remanente		
Out_P	Bool	false	No remanente		
Out_V_2	Bool	false	No remanente		
InOut					
▼ Static					
VALVULAS_ON	Bool	false	No remanente		
BOMBA_ON	Bool	false	No remanente		
REPOSO	Bool	false	No remanente		
Flanco_Habilitacion	Bool	false	No remanente		
▼ Tiempo apertura	TON_TIME		No remanente		
PT	Time	T#0ms	No remanente		
ET	Time	T#0ms	No remanente		
IN	Bool	false	No remanente		
Q	Bool	false	No remanente		
Temp					
Constant					
Segmento 1:					
					
Segmento 2:					

Totally Integrated Automation Portal

#REPOSO

#Habitación

#VALVULAS_ON

#Flanco_Habilitacion

P

(S)

#REPOSO

(R)

Segmento 3:

#VALVULAS_ON

#"Tiempo apertura"

#VALVULAS_ON

#BOMBA_ON

TON Time

IN

Q

ET

PT

T#5s

...

Segmento 4:

#BOMBA_ON

#S_min

#REPOSO

(S)

Segmento 5: Salidas

BOMBA

#BOMBA_ON

#Out_P

()

Segmento 6: Salidas

VALVULAS

#VALVULAS_ON

#BOMBA_ON

#Out_V_1

#Out_V_2

()

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

PH_OBJETIVO [FB10]

PH_OBJETIVO Propiedades

General

Nombre	PH_OBJETIVO	Número	10	Tipo	FB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		

Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia
▼ Input			
NORMALIZAR	Int	0	No remanente
▼ Output			
NORMALIZADA	Real	0.0	No remanente
InOut			
▼ Static			
INTERMEDIA	Real	0.0	No remanente
Temp			
Constant			

Segmento 1:

NORM_X
Int to Real

EN

0 — MIN
#NORMALIZAR — VALUE
28 — MAX

ENO
OUT — #INTERMEDIA

Segmento 2:

SCALE_X
Real to Real

EN

0.0 — MIN
#INTERMEDIA — VALUE
14.0 — MAX

ENO
OUT — #NORMALIZADA

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

PRETRATAMIENTO [FB1]

PRETRATAMIENTO Propiedades

General

Nombre	PRETRATAMIENTO	Número	1	Tipo	FB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		

Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia
▼ Input			
DESHAB_2	Bool	false	No remanente
DESHAB_1	Bool	false	No remanente
HABILITACION	Bool	false	No remanente
RESET	Bool	false	No remanente
▼ Output			
M1	Bool	false	No remanente
M2	Bool	false	No remanente
InOut			
▼ Static			
MB	Byte	16#0	No remanente
Temp			
Constant			

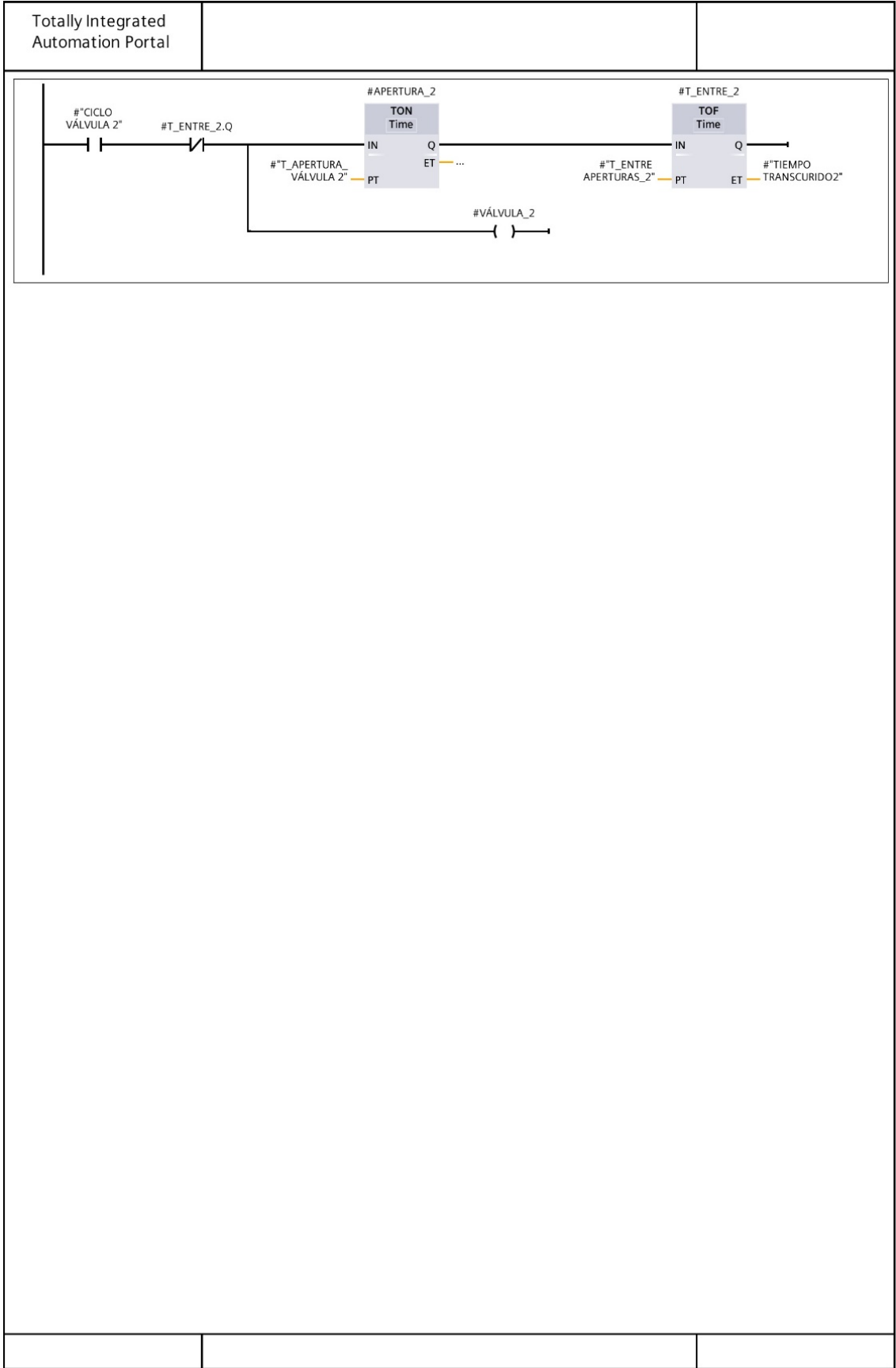
Segmento 1: ARRANQUE Y R_ESTACIONARIO

IAS HABILITACIÓN ES QUE LA PLANTA ESTÉ EN CC

```
graph LR
    R1((R)) --- C1[#RESET]
    C1 --- C2[#HABILITACION]
    C2 --- C3[#DESHAB_1]
    C3 --- M1((M1))
    C3 --- C4[#DESHAB_2]
    C4 --- M2((M2))
```

Totally Integrated Automation Portal		
RECIRCULACIÓN DE LODOS [FB3]		
RECIRCULACIÓN DE LODOS Propiedades		
General		
Nombre	RECIRCULACIÓN DE LODOS	Número 3
Idioma	KOP	Numeración Automático
Información		
Título		Autor
Familia		Versión 0.1
		Comentario
		ID personalizada
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
▼ Input		Remanencia
T_APERTURA_VÁLVULA 1	Time	T#0ms
T_APERTURA_VÁLVULA 2	Time	T#0ms
T_ENTRE_APERTURAS_1	Time	T#0ms
T_ENTRE APERTURAS_2	Time	T#0ms
RESET	Bool	false
▼ Output		
VÁLVULA_1	Bool	false
VÁLVULA_2	Bool	false
TIEMPO TRANSCURIDO1	Time	T#0ms
TIEMPO TRANSCURIDO2	Time	T#0ms
InOut		
▼ Static		
CICLO VÁLVULA 1	Bool	false
CICLO VÁLVULA 2	Bool	false
REPOSO	Bool	false
▼ APERTUTA_1	TON_TIME	No remanente
PT	Time	T#0ms
ET	Time	T#0ms
IN	Bool	false
Q	Bool	false
▼ T_ENTRE_1	TOF_TIME	No remanente
PT	Time	T#0ms
ET	Time	T#0ms
IN	Bool	false
Q	Bool	false
▼ APERTURA_2	TON_TIME	No remanente
PT	Time	T#0ms
ET	Time	T#0ms
IN	Bool	false
Q	Bool	false
▼ T_ENTRE_2	TOF_TIME	No remanente
PT	Time	T#0ms
ET	Time	T#0ms
IN	Bool	false
Q	Bool	false
▼ IEC_	TOF_TIME	No remanente
PT	Time	T#0ms

Totally Integrated Automation Portal			



Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

TRATAMIENTO 1° [FB2]

TRATAMIENTO 1° Propiedades

General

Nombre	TRATAMIENTO 1°	Número	2	Tipo	FB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		

Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia
▼ Input			
RESET	Bool	false	No remanente
DESHAB_1	Bool	false	No remanente
DESHAB_2	Bool	false	No remanente
DESHAB_3	Bool	false	No remanente
HABILITACION	Bool	false	No remanente
▼ Output			
M1	Bool	false	No remanente
M2	Bool	false	No remanente
M3	Bool	false	No remanente
InOut			
Static			
Temp			
Constant			

Segmento 1: SALIDAS

Totally Integrated
Automation Portal

TRATAMIENTO_SECUNDARIO [FB12]

TRATAMIENTO_SECUNDARIO Propiedades

General

Nombre	TRATAMIENTO_SECUN- DARIO	Número	12	Tipo	FB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		

Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personaliza- da	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia
▼ Input			
S_CANAL	Bool	false	No remanente
HABILITACION	Bool	false	No remanente
▼ Output			
M_IMPULSOR	Bool	false	No remanente
M_O2	Bool	false	No remanente
M_CLARIF	Bool	false	No remanente
InOut			
Static			
Temp			
Constant			

Segmento 1:





































#HABILITACION

#M_CLARIF

#S_CANAL

#M_IMPULSOR

#M_O2

Totally Integrated Automation Portal									
Tabla de variables estándar [229]									
Variables PLC									
Variables PLC									
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Accesible desde HMI/O PC UA	Escribible desde HMI/O PC UA	Visible en HMI Engineering	Supervisión	Comentario
	I_EMERG_EXT	Bool	%I0.0	False	True	True	True		
	INT_PH	Int	%IW64	False	True	True	True		
	INT_PT100	Int	%IW66	False	True	True	True		
	INT_R	Int	%IW68	False	True	True	True		
	INT_O_2	Int	%IW70	False	True	True	True		
	Tag_1	DWord	%ID68	False	True	True	True		
	Q_P_10	Bool	%Q0.0	False	True	True	True		
	Q_M_30	Bool	%Q0.1	False	True	True	True		
	jog_dcha_30	Bool	%Q0.2	False	True	True	True		
	JOG_izda_M_30	Bool	%Q0.3	False	True	True	True		
	JOG_izda_M_31	Bool	%Q0.7	False	True	True	True		
	Q_m_31	Bool	%Q0.5	False	True	True	True		
	JOG_dcha_M_31	Bool	%Q0.6	False	True	True	True		
	ANALOG_M_30	Int	%QW80	False	True	True	True		
	ANALOG_M_31	Int	%QW82	False	True	True	True		
	I_Vaciado	Bool	%M3.0	False	True	True	True		
	P_Marcha_Prim	Bool	%M3.1	False	True	True	True		
	P_Marcha_Sec	Bool	%M3.2	False	True	True	True		
	By_Prim	Bool	%M3.3	False	True	True	True		
	By_sec	Bool	%M3.4	False	True	True	True		
	P_CC	Bool	%M3.5	False	True	True	True		
	P_MANUAL	Bool	%M3.6	False	True	True	True		
	C_Iniciales	Bool	%M4.3	False	True	True	True		
	I_PARO_HMI	Bool	%M2.0	False	True	True	True		
	C_Emergencia	Bool	%M2.1	False	True	True	True		
	Byte_Mando	Byte	%MB49	False	True	True	True		
	Byte_CF	Byte	%MB50	False	True	True	True		
	Byte_MF	Byte	%MB51	False	True	True	True		
	Flanco_marcha	Bool	%M0.0	False	True	True	True		
	Flanco_rearme	Bool	%M0.1	False	True	True	True		
	Flanco_Parada	Bool	%M0.2	False	True	True	True		
	EV10(m)	Bool	%M6.0	False	True	True	True		
	EV11(nc)	Bool	%M6.1	False	True	True	True		
	EV12(nc)	Bool	%M6.2	False	True	True	True		
	EV13(na)	Bool	%M6.3	False	True	True	True		
	EV14(nc)	Bool	%M6.4	False	True	True	True		










































Memoria / ANEXO 2:PROGRAMA DE CONTROL, CÓDIGO Y VARIABLES
Carlos Fernández Pazos

Totally Integrated Automation Portal									
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Accesible desde HMI/O PC UA	Escribible desde HMI/O PC UA	Visible en HMI Engineering	Supervisión	Comentario
	EV15(na)	Bool	%M6.5	False	True	True	True		
	EV20(nc)	Bool	%M6.6	False	True	True	True		
	EV21(nc)	Bool	%M6.7	False	True	True	True		
	EV22(nc)	Bool	%M7.0	False	True	True	True		
	Ev23(nc)	Bool	%M7.1	False	True	True	True		
	EV24(nc)	Bool	%M7.2	False	True	True	True		
	Flanco_By_prim	Bool	%M0.3	False	True	True	True		
	Flanco_Marcha_Prim	Bool	%M0.4	False	True	True	True		
	Flanco_By_Sec	Bool	%M0.5	False	True	True	True		
	Flanco_Marcha_Sec	Bool	%M0.6	False	True	True	True		
	C_Bombas	Bool	%M4.4	False	True	True	True		
	C_niveles	Bool	%M4.6	False	True	True	True		
	C_Válvulas	Bool	%M4.7	False	True	True	True		
	S_0	Bool	%M7.3	False	True	True	True		
	S_10	Bool	%M7.4	False	True	True	True		
	S_11	Bool	%M7.5	False	True	True	True		
	S_12	Bool	%M7.6	False	True	True	True		
	P_REARME	Bool	%M3.7	False	True	True	True		
	S_20	Bool	%M7.7	False	True	True	True		
	S_21	Bool	%M8.0	False	True	True	True		
	S_22	Bool	%M8.1	False	True	True	True		
	S_23	Bool	%M8.2	False	True	True	True		
	S_24	Bool	%M8.3	False	True	True	True		
	S_30	Bool	%M8.4	False	True	True	True		
	S_31	Bool	%M8.5	False	True	True	True		
	S_32	Bool	%M8.6	False	True	True	True		
	S_33	Bool	%M8.7	False	True	True	True		
	S_34	Bool	%M9.0	False	True	True	True		
	S_40	Bool	%M9.1	False	True	True	True		
	S_41	Bool	%M9.2	False	True	True	True		
	S_42	Bool	%M9.3	False	True	True	True		
	S_43	Bool	%M9.4	False	True	True	True		
	S_44	Bool	%M9.5	False	True	True	True		
	S_50	Bool	%M9.6	False	True	True	True		
	S_60	Bool	%M9.7	False	True	True	True		
	S_61	Bool	%M10.0	False	True	True	True		
	S_62	Bool	%M10.1	False	True	True	True		
	D_PH	Real	%MD54	False	True	True	True		
	D_PT100	Real	%MD58	False	True	True	True		
	D_R	Real	%MD62	False	True	True	True		
	D_O_2	Real	%MD66	False	True	True	True		

Memoria / ANEXO 2:PROGRAMA DE CONTROL, CÓDIGO Y VARIABLES
Carlos Fernández Pazos















Totally Integrated Automation Portal									
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Accesible desde HMI/O PC UA	Escribible desde HMI/O PC UA	Visible en HMI Engineering	Supervisión	Comentario
	APERTURA_BASE_D	Int	%MW30	False	True	True	True		
	APERTURA_COAGULANTE_D	Int	%MW32	False	True	True	True		
	APERTURA_POLIELEC_D	Int	%MW34	False	True	True	True		
	I_P_10	Bool	%M10.2	False	True	True	True		
	I_M_10	Bool	%M10.3	False	True	True	True		
	I_M_11	Bool	%M10.4	False	True	True	True		
	I_M_20	Bool	%M10.5	False	True	True	True		
	I_M_21	Bool	%M10.6	False	True	True	True		
	I_M_22	Bool	%M10.7	False	True	True	True		
	I_M_30	Bool	%M11.0	False	True	True	True		
	I_M_31	Bool	%M11.1	False	True	True	True		
	I_M_32	Bool	%M11.2	False	True	True	True		
	I_P_60	Bool	%M11.3	False	True	True	True		
	C_PARO_ERROR	Bool	%M2.2	False	True	True	True		
	C_PARO_WARNING	Bool	%M2.3	False	True	True	True		
	C_Motores/Bombas	Bool	%M4.2	False	True	True	True		
	I_Conjunto_base	Bool	%M11.4	False	True	True	True		
	I_Conjunto_coag	Bool	%M11.5	False	True	True	True		
	I_Conjunto_floc	Bool	%M11.6	False	True	True	True		
	C_SEÑALIZACION_AVISO	Bool	%M5.4	False	True	True	True		
	Q_M_10	Bool	%M12.1	False	True	True	True		
	Q_M_11	Bool	%M12.2	False	True	True	True		
	Q_M_20	Bool	%M12.3	False	True	True	True		
	Q_M_21	Bool	%M12.4	False	True	True	True		
	Q_M_22	Bool	%M12.5	False	True	True	True		
	Q_M_32	Bool	%M13.0	False	True	True	True		
	Q_P_60	Bool	%M13.1	False	True	True	True		
	Q_P_61	Bool	%M13.2	False	True	True	True		
	I_P_61	Bool	%M13.3	False	True	True	True		
	Q_P_20	Bool	%M13.4	False	True	True	True		
	Q_P_21	Bool	%M13.5	False	True	True	True		
	Q_P_30	Bool	%M13.6	False	True	True	True		
	Q_P_31	Bool	%M13.7	False	True	True	True		
	Q_P_40	Bool	%M14.0	False	True	True	True		
	Q_P_41	Bool	%M14.1	False	True	True	True		
	Q_M_40	Bool	%M14.2	False	True	True	True		
	Q_M_41	Bool	%M14.3	False	True	True	True		
	Q_M_42	Bool	%M14.4	False	True	True	True		
	MAN_P_10	Bool	%M14.5	False	True	True	True		
	MAN_M_10	Bool	%M14.6	False	True	True	True		

Memoria / ANEXO 2:PROGRAMA DE CONTROL, CÓDIGO Y VARIABLES
Carlos Fernández Pazos

Totally Integrated Automation Portal									
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Accesible desde HMI/O PC UA	Escribible desde HMI/O PC UA	Visible en HMI Engineering	Supervisión	Comentario
	MAN_M_11	Bool	%M14.7	False	True	True	True		
	MAN_M_20	Bool	%M15.0	False	True	True	True		
	MAN_M_21	Bool	%M15.1	False	True	True	True		
	MAN_M_22	Bool	%M15.2	False	True	True	True		
	MAN_M_30	Bool	%M15.3	False	True	True	True		
	MAN_M_31	Bool	%M15.4	False	True	True	True		
	MAN_M_32	Bool	%M15.5	False	True	True	True		
	MAN_P_60	Bool	%M15.6	False	True	True	True		
	MAN_P_61	Bool	%M15.7	False	True	True	True		
	MAN_P_20	Bool	%M16.0	False	True	True	True		
	MAN_P_21	Bool	%M16.1	False	True	True	True		
	MAN_P_30	Bool	%M16.2	False	True	True	True		
	MAN_P_31	Bool	%M16.3	False	True	True	True		
	MAN_P_40	Bool	%M16.4	False	True	True	True		
	MAN_P_41	Bool	%M16.5	False	True	True	True		
	MAN_M_40	Bool	%M16.6	False	True	True	True		
	MAN_M_41	Bool	%M16.7	False	True	True	True		
	MAN_M_42	Bool	%M17.0	False	True	True	True		
	PROGRAMA_P_10	Bool	%M17.1	False	True	True	True		
	PRETRAT_M_10	Bool	%M17.2	False	True	True	True		
	PRETRAT_M_11	Bool	%M17.3	False	True	True	True		
	EXT_P_60	Bool	%M18.2	False	True	True	True		
	EXT_P_61	Bool	%M18.3	False	True	True	True		
	TRAT_1_M_20	Bool	%M20.0	False	True	True	True		
	TRAT_1_M_21	Bool	%M20.1	False	True	True	True		
	TRAT_1_M_22	Bool	%M20.2	False	True	True	True		
	SEC_M_30	Bool	%M20.3	False	True	True	True		
	SEC_M_31	Bool	%M20.4	False	True	True	True		
	SEC_M_32	Bool	%M20.5	False	True	True	True		
	QUIM_P_20	Bool	%M21.0	False	True	True	True		
	QUIM_P_21	Bool	%M21.1	False	True	True	True		
	QUIM_P_30	Bool	%M21.2	False	True	True	True		
	QUIM_P_31	Bool	%M21.3	False	True	True	True		
	QUIM_P_40	Bool	%M21.4	False	True	True	True		
	QUIM_P_41	Bool	%M21.5	False	True	True	True		
	QUIM_M_40	Bool	%M21.6	False	True	True	True		
	QUIM_M_41	Bool	%M21.7	False	True	True	True		
	QUIM_M_42	Bool	%M22.0	False	True	True	True		
	EXT_EV23	Bool	%M22.1	False	True	True	True		
	EXT_EV24	Bool	%M22.2	False	True	True	True		
	MAN_EV_23	Bool	%M18.4	False	True	True	True		

Memoria / ANEXO 2:PROGRAMA DE CONTROL, CÓDIGO Y VARIABLES
Carlos Fernández Pazos

Totally Integrated Automation Portal									
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Accesible desde HMI/O PC UA	Escribible desde HMI/O PC UA	Visible en HMI Engineering	Supervisión	Comentario
	MAN_EV_24	Bool	%M18.5	False	True	True	True		
	CONSIGNA_VARIADOR_M_30	Int	%MW42	False	True	True	True		
	CONSIGNA_VARIADOR_M_31	Int	%MW44	False	True	True	True		
	System_Byte	Byte	%MB100	False	True	True	True		
	FirstScan	Bool	%M100.0	False	True	True	True		
	DiagStatusUpdate	Bool	%M100.1	False	True	True	True		
	AlwaysTRUE	Bool	%M100.2	False	True	True	True		
	AlwaysFALSE	Bool	%M100.3	False	True	True	True		
	PH_OBJETIVO_R	Real	%MD70	False	True	True	True		
	PH_OBJETIVO_INT	Int	%MW46	False	True	True	True		
	APERTURA_BASE_A	Real	%MD74	False	True	True	True		
	APERTURA_POLIELEC_A	Real	%MD78	False	True	True	True		
	APERTURA_COAG_A	Real	%MD82	False	True	True	True		
	Clock_Byte	Byte	%MB150	False	True	True	True		
	Clock_10Hz	Bool	%M150.0	False	True	True	True		
	Clock_5Hz	Bool	%M150.1	False	True	True	True		
	Clock_2.5Hz	Bool	%M150.2	False	True	True	True		
	Clock_2Hz	Bool	%M150.3	False	True	True	True		
	Clock_1.25Hz	Bool	%M150.4	False	True	True	True		
	Clock_1Hz	Bool	%M150.5	False	True	True	True		
	Clock_0.625Hz	Bool	%M150.6	False	True	True	True		
	Clock_0.5Hz	Bool	%M150.7	False	True	True	True		
	Paro_plantilla	Bool	%M2.4	False	True	True	True		
	Paro_arranque	Bool	%M2.5	False	True	True	True		
	T_APERTURA_21_SEG	DInt	%MD86	False	True	True	True		
	T_APERTURA_22_SEG	DInt	%MD90	False	True	True	True		
	T_ENTRE_21_MIN	DInt	%MD94	False	True	True	True		
	T_ENTRE_22_MIN	DInt	%MD104	False	True	True	True		
	T_ENTRE_21_MS	Time	%MD108	False	True	True	True		
	T_ENTRE_22_MS	Time	%MD112	False	True	True	True		
	T_APERTURA_21_MS	Time	%MD116	False	True	True	True		
	T_APERTURA_22_MS	Time	%MD120	False	True	True	True		
	UMBRAL_1_30	Int	%MW124	False	True	True	True		
	UMBRAL_2_30	Int	%MW126	False	True	True	True		
	UMBRAL_3_30	Int	%MW128	False	True	True	True		
	UMBRAL_1_31	Int	%MW130	False	True	True	True		
	UMBRAL_2_31	Int	%MW132	False	True	True	True		
	UMBRAL_3_31	Int	%MW134	False	True	True	True		
	CONSIGNA_1_30	Int	%MW136	False	True	True	True		
	CONSIGNA_2_30	Int	%MW138	False	True	True	True		

Totally Integrated Automation Portal									
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Accesible desde HMI/O PC UA	Escribible desde HMI/O PC UA	Visible en HMI Engineering	Supervisión	Comentario
	CONSIGNA_3_30	Int	%MW140	False	True	True	True		
	CONSIGNA_1_31	Int	%MW142	False	True	True	True		
	CONSIGNA_2_31	Int	%MW144	False	True	True	True		
	CONSIGNA_3_31	Int	%MW146	False	True	True	True		
	T_TRANSCURRIDO_21	Time	%MD160	False	True	True	True		
	T_TRANSCURRIDO_22	Time	%MD164	False	True	True	True		
	SEGUNDOS_21	DInt	%MD168	False	True	True	True		
	MINUTOS_21	DInt	%MD172	False	True	True	True		
	FLANCO_CONTADOR_1	Bool	%M176.0	False	True	True	True		
	FLANCO_CONTADOR_2	Bool	%M176.1	False	True	True	True		
	SEGUNDOS_22	DInt	%MD178	False	True	True	True		
	MINUTOS_22	DInt	%MD182	False	True	True	True		
	MAN_EV_21	Bool	%M22.3	False	True	True	True		
	REC_EV_21	Bool	%M22.4	False	True	True	True		

Totally Integrated Automation Portal

Tabla de variables estándar [229]

Constantes de usuario

Constantes de usuario

Nombre	Tipo de datos	Valor	Comentario
--------	---------------	-------	------------



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2018/2019**

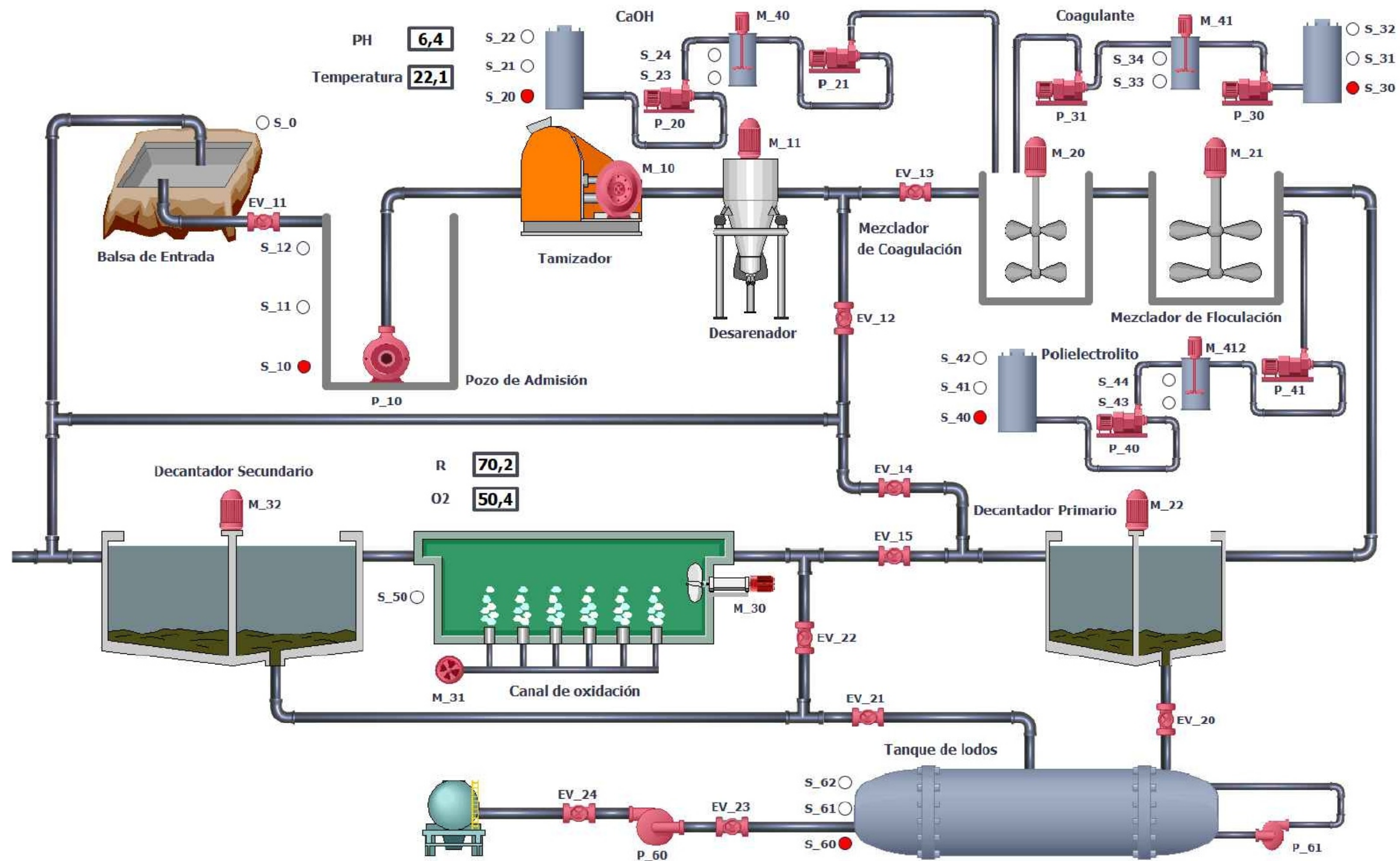
*ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN
SISTEMA PARA EL CONTROL DE UN EDAR*

Máster en Ingeniería Industrial

Documento

PLANOS

2. PLANOS



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE UN EDAR

FIRMA

FLUJOGRAMA DE LA PLANTA

DISEÑADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

REVISADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

Nº DE PLANO	ESCALA	Nº DE REVISIÓN	FECHA
1	NA	1	29/08/2019

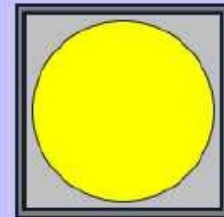
SIEMENS



PARO



Estados de mando Condiciones de Funcionamiento



Funcionamiento normal
Modos de Funcionamiento
Funcionamiento Completo
Estados de mando
Ciclo Continuo

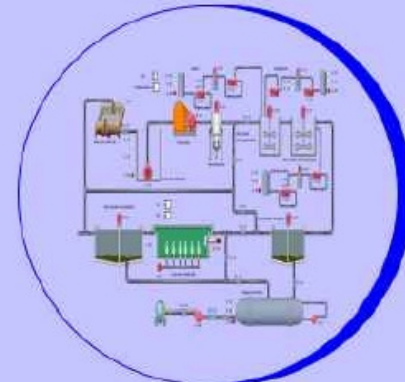
Operador_1

USUARIOS

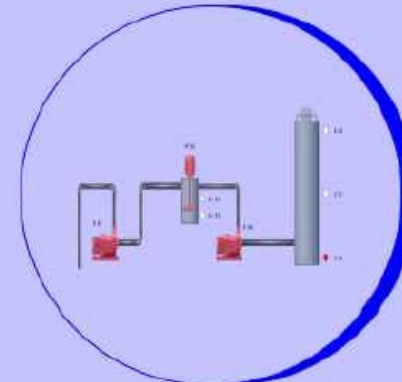
Cerrar Sesión

Iniciar sesión

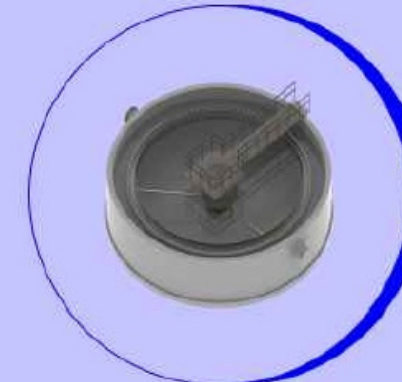
ESTADO



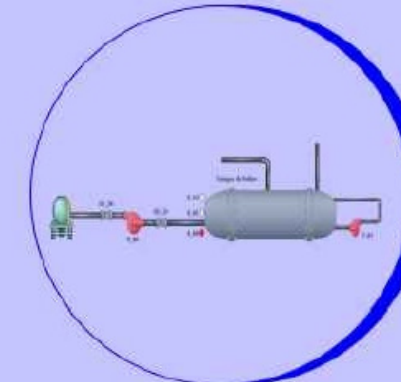
CONTROL COAGULANTE



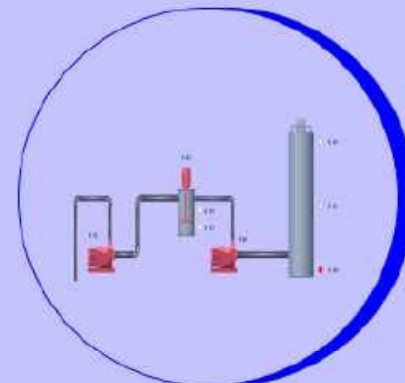
BY-PASS PRIMARIO



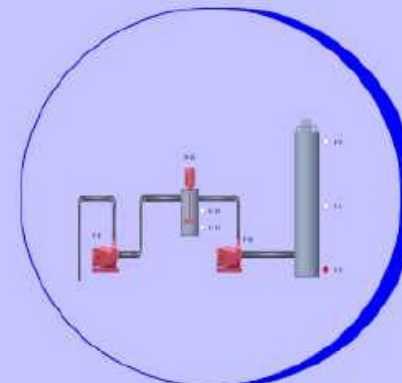
EXTRACCIÓN DE LODOS



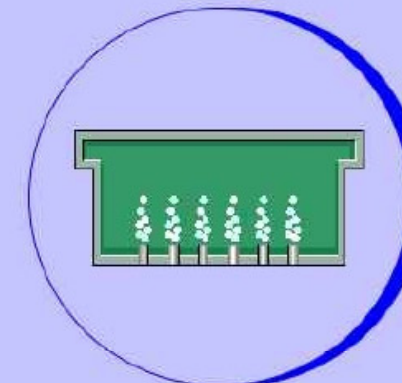
CONTROL PH



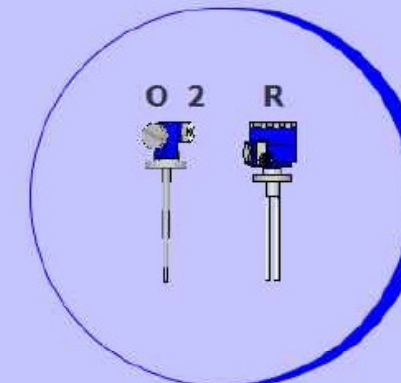
CONTROL FLOCULANTE



BY-PASS SECUNDARIO



CONTROL DE O₂ Y R



FIRMA

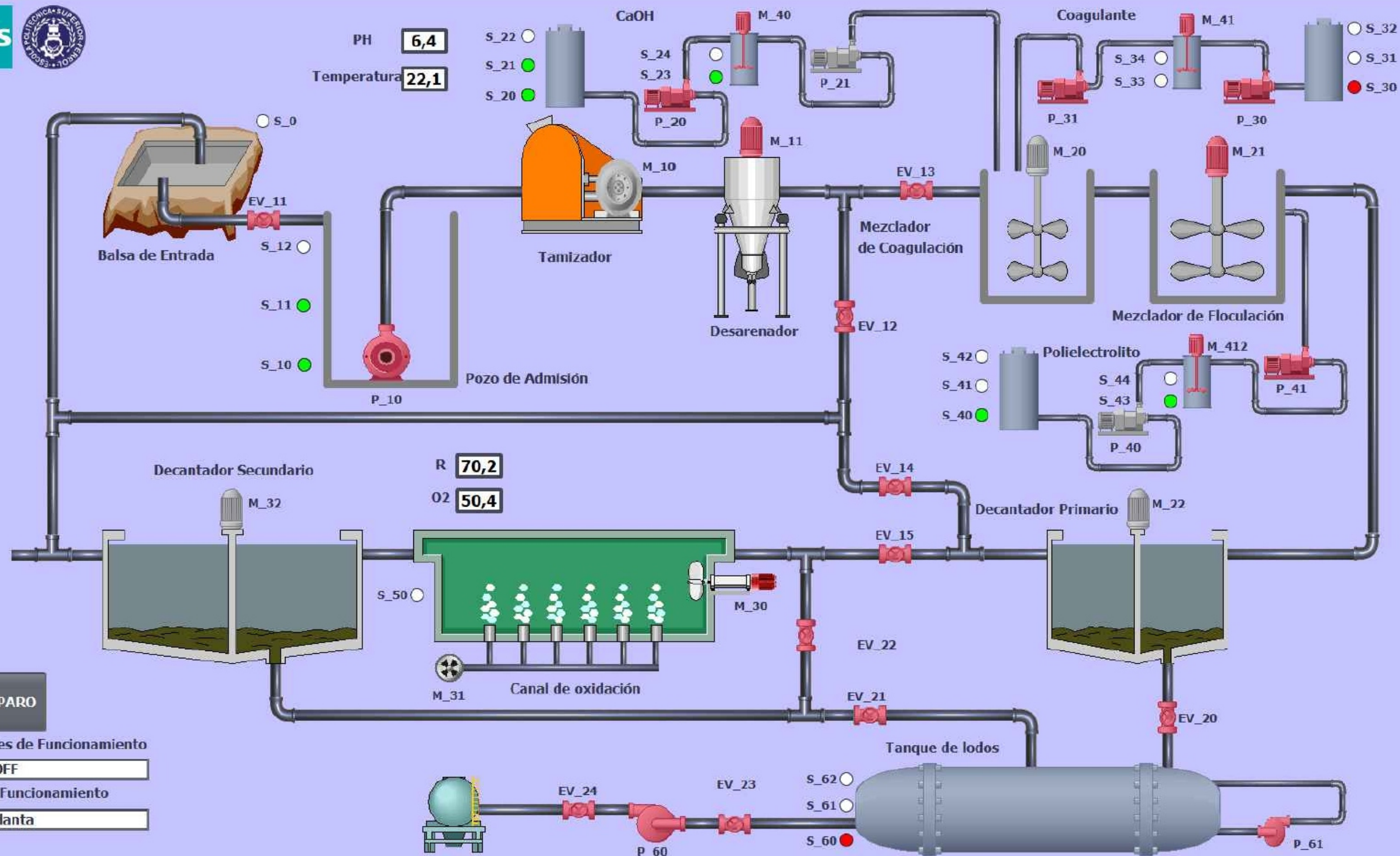
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL
CONTROL DE UN EDAR

PANTALLA "GENERAL" DEL
SCADA DE CONTROL

DISEÑADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

REVISADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

Nº DE PLANO	ESCALA	Nº DE REVISIÓN	FECHA
2	NA	1	05/09/2019



FIRMA

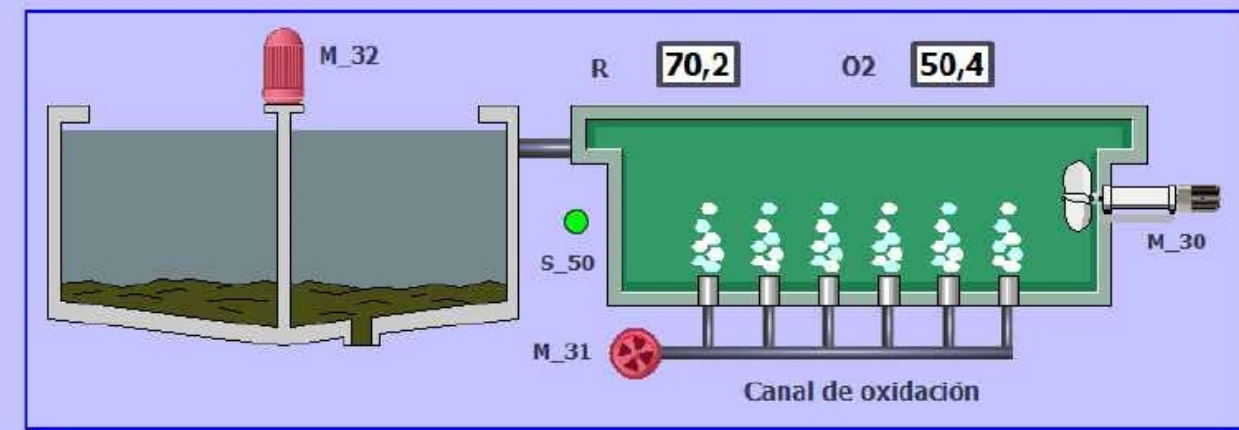
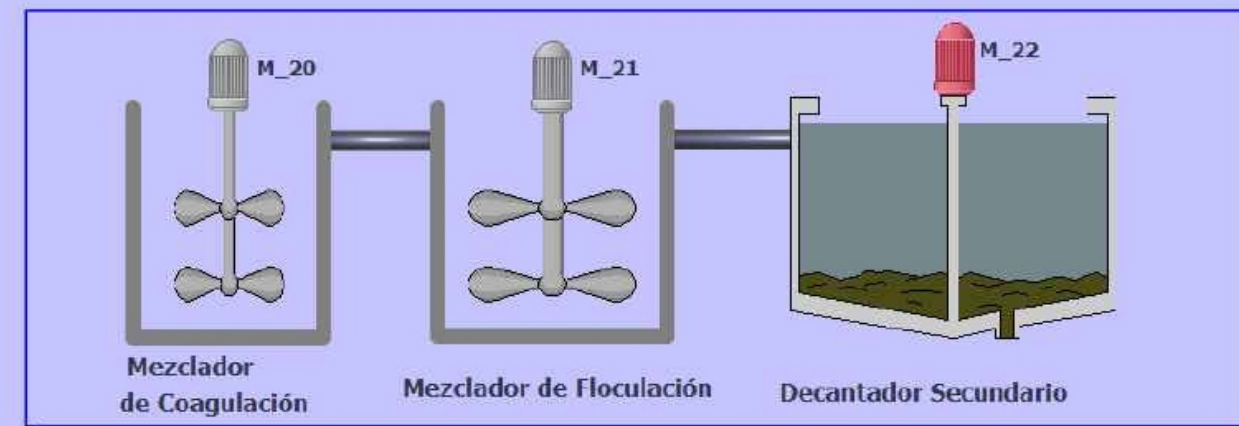
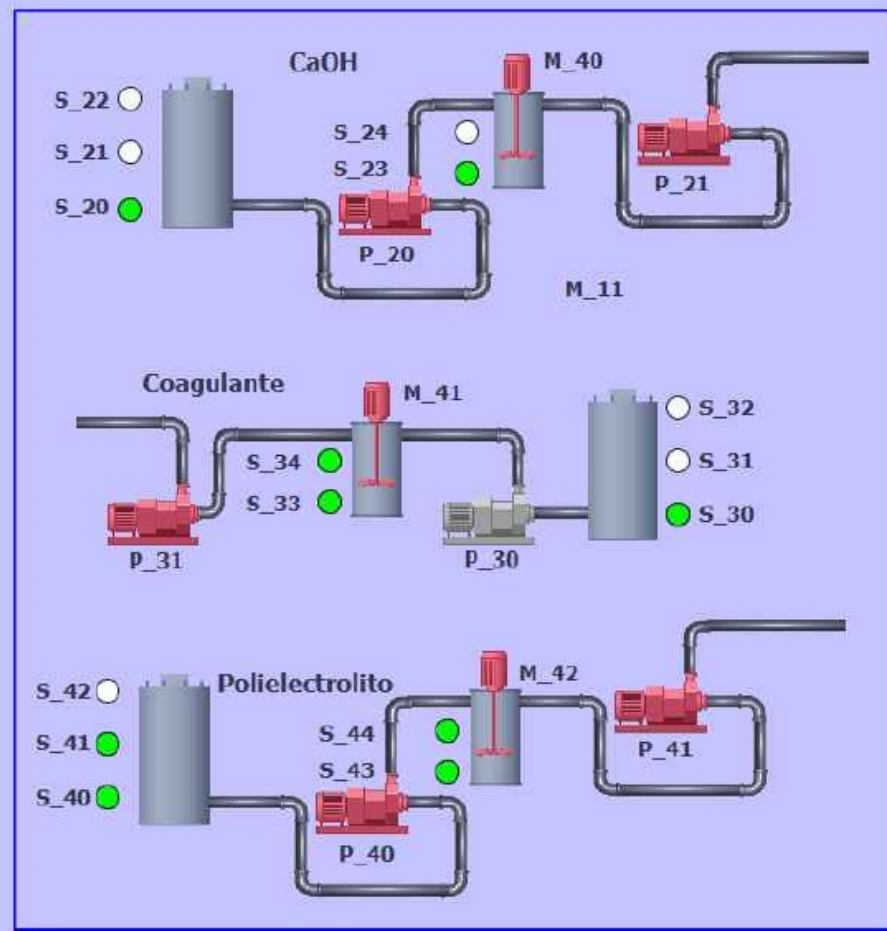
ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE UN EDAR

PANTALLA "MANUAL" DEL SCADA DE CONTROL

DISEÑADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

REVISADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

Nº DE PLANO	ESCALA	Nº DE REVISIÓN	FECHA
3	NA	1	05/09/2019



VOLVER PARO

Condiciones de Funcionamiento

Bombeo OFF

Modos de Funcionamiento

By-pass primario y secundario



FIRMA

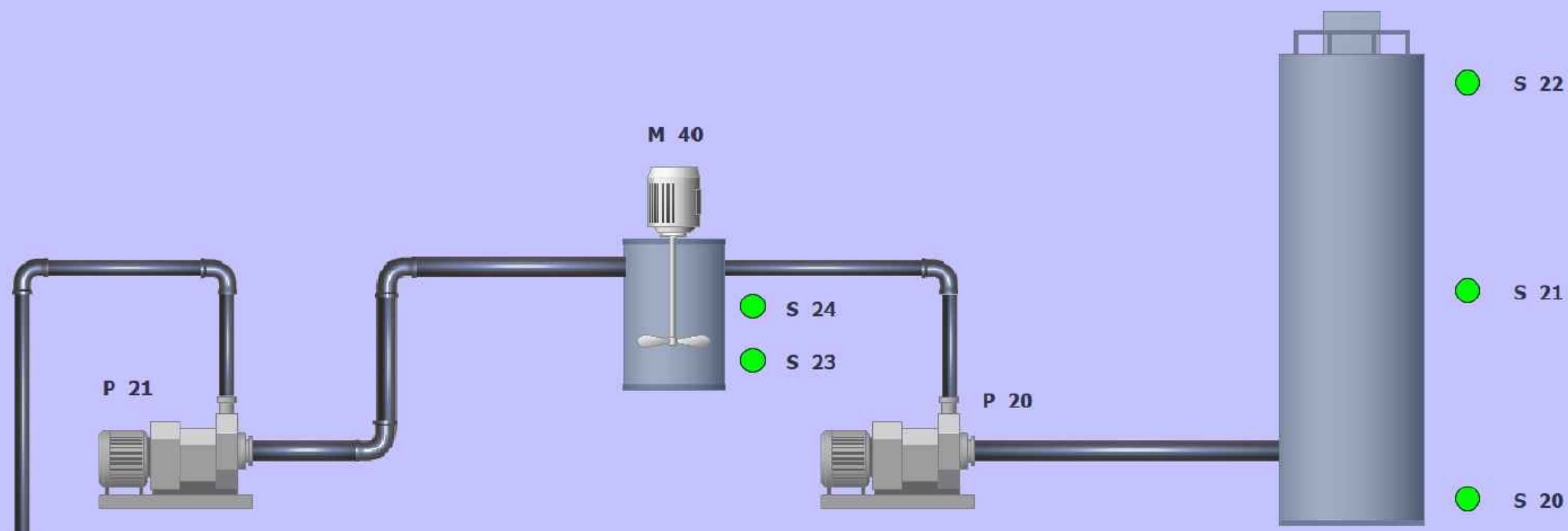
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE UN EDAR

PANTALLA "BY-PASS PRIMARIO"
DEL SCADA DE CONTROL

DISEÑADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

REVISADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

Nº DE PLANO	ESCALA	Nº DE REVISIÓN	FECHA
4	NA	1	05/09/2019



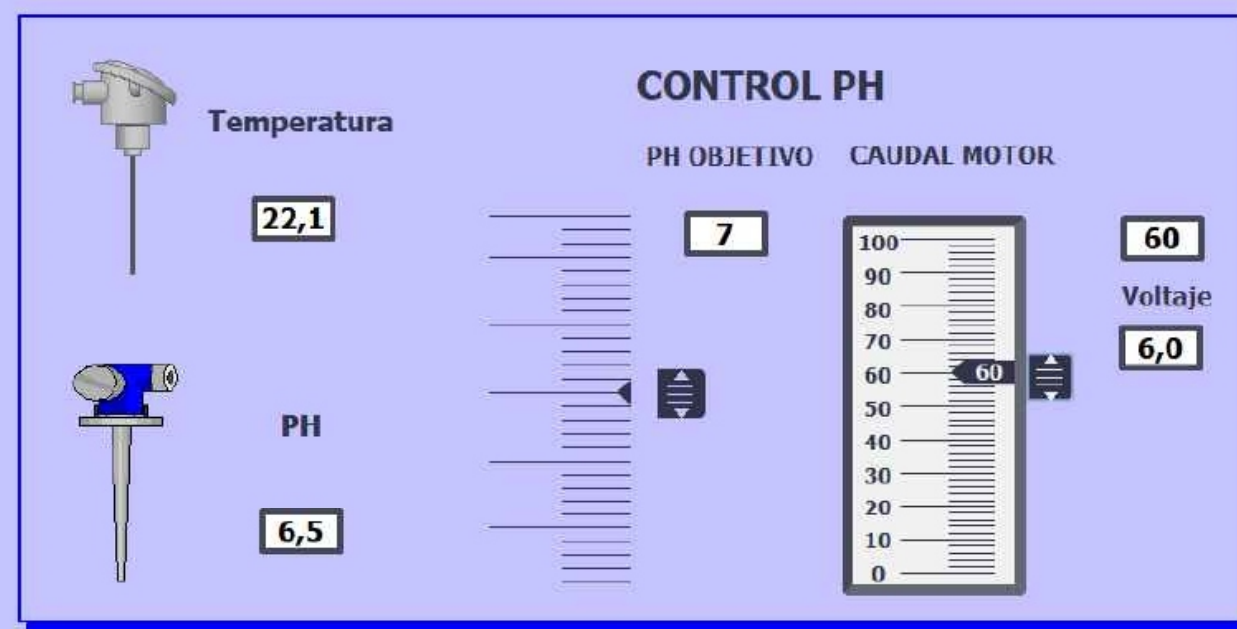
VOLVER PARO

Condiciones de Funcionamiento

Funcionamiento normal

Modos de Funcionamiento

Funcionamiento Completo



FIRMA

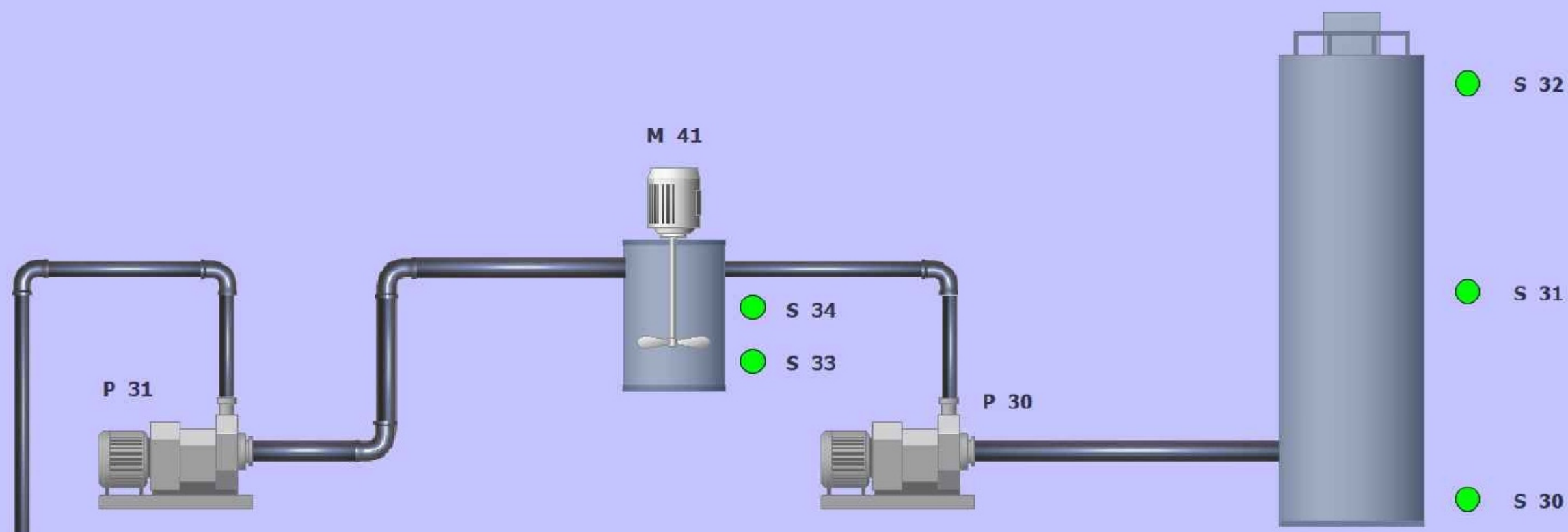
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE UN EDAR

PANTALLA "CONTROL PH" DEL SCADA DE CONTROL

DISEÑADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

REVISADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

Nº DE PLANO	ESCALA	Nº DE REVISIÓN	FECHA
5	NA	1	25/09/2019



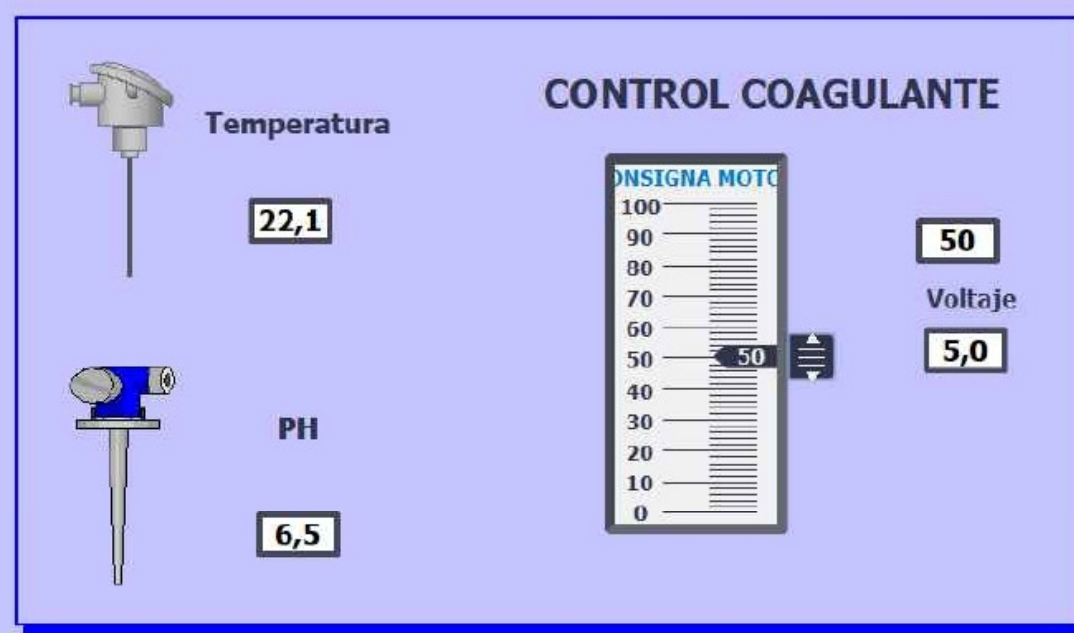
VOLVER PARO

Condiciones de Funcionamiento

Funcionamiento normal

Modos de Funcionamiento

Funcionamiento Completo



FIRMA



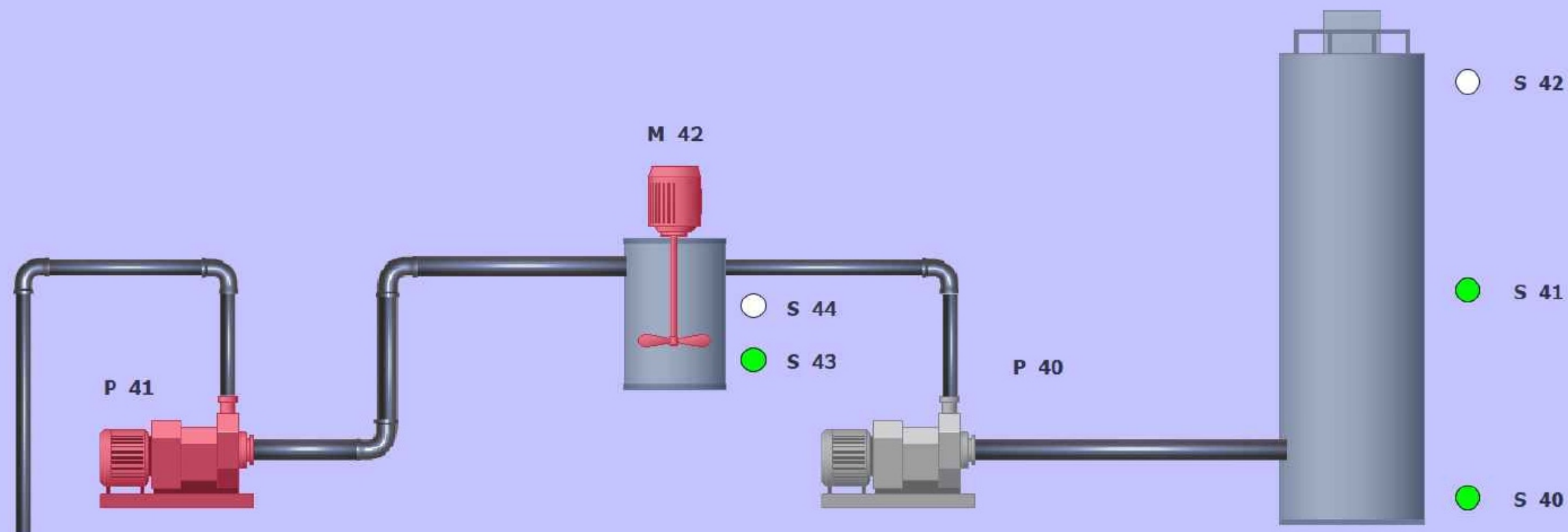
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL
CONTROL DE UN EDAR

PANTALLA "CONTROL
COAGULANTE" DEL SCADA DE
CONTROL

DISEÑADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

REVISADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

Nº DE PLANO	ESCALA	Nº DE REVISIÓN	FECHA
6	NA	1	25/08/2019

**VOLVER** **PARO**

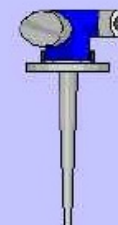
Condiciones de Funcionamiento

Funcionamiento normal

Modos de Funcionamiento

Funcionamiento Completo

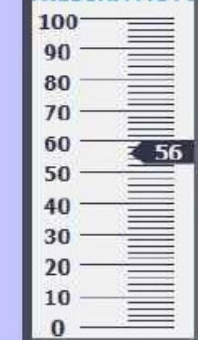
Temperatura

22,1

PH

6,5**CONTROL FLOCULANTE**

INSIGNA MOTOR

**56**

Voltaje

5,6

FIRMA



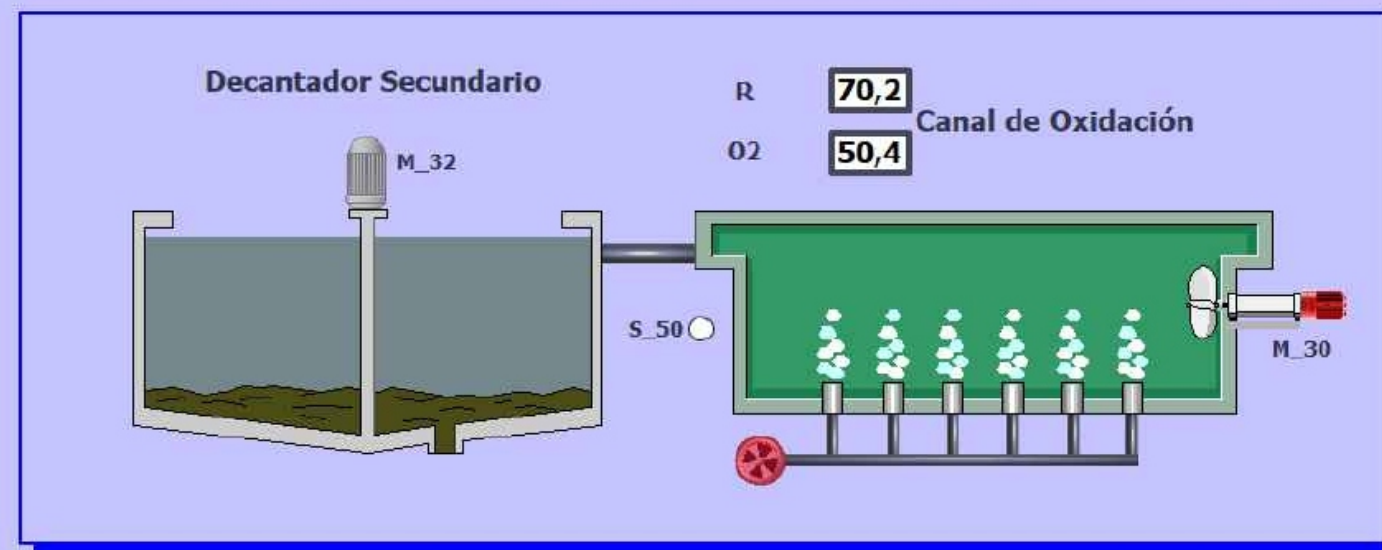
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL
CONTROL DE UN EDAR

PANTALLA "CONTROL
FLOCULANTE" DEL SCADA DE
CONTROL

DISEÑADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

REVISADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

Nº DE PLANO	ESCALA	Nº DE REVISIÓN	FECHA
7	NA	1	25/08/2019



VOLVER PARO

Condiciones de Funcionamiento

Bombeo OFF

Modos de Funcionamiento

By-pass secundario



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE UN EDAR

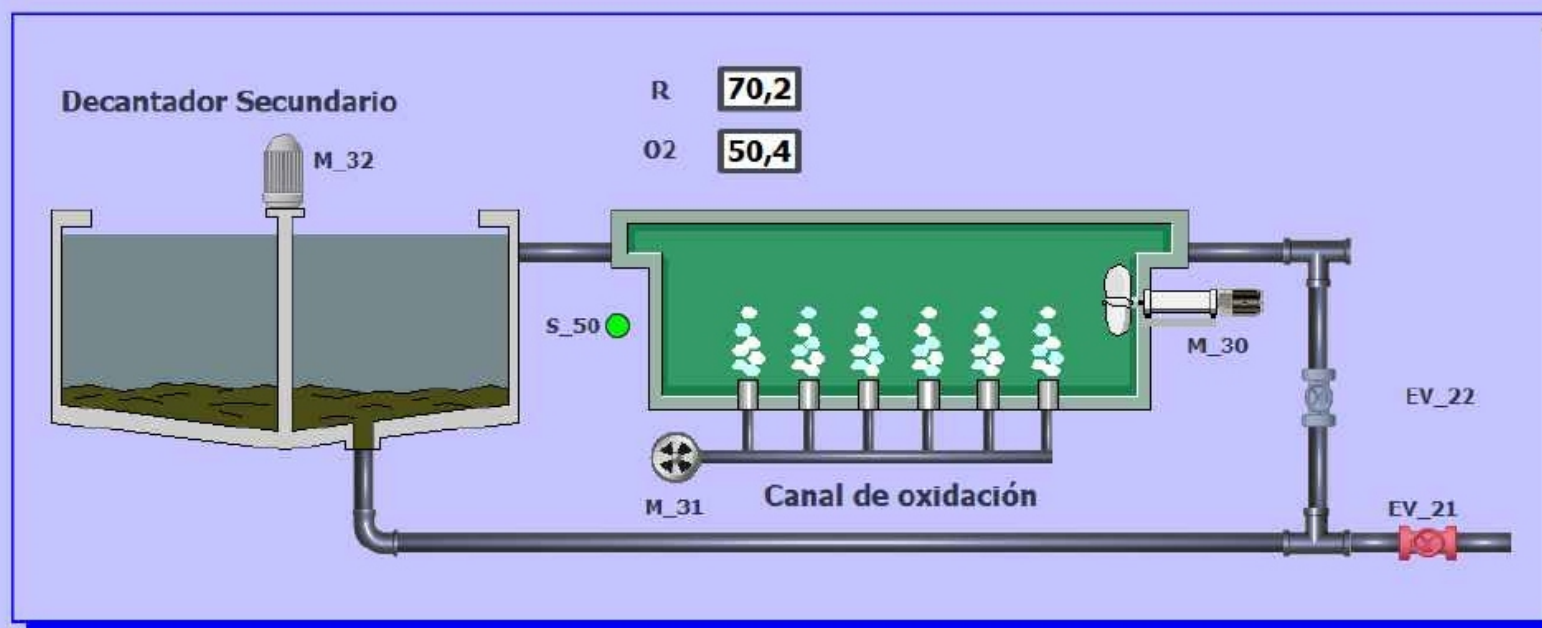
FIRMA

PANTALLA "BY-PASS
SECUNDARIO" DEL SCADA DE
CONTROL

DISEÑADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

REVISADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

Nº DE PLANO	ESCALA	Nº DE REVISIÓN	FECHA
8	NA	1	05/09/2019


TIEMPO DE APERTURA (s)
EV 22 EV 21
TIEMPO ENTRE APERTURAS (min)

		Transcurrido	
		#	#
		Min	Seg
EV 22	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="07"/>	<input type="text" value="25"/>
EV 21	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="07"/>	<input type="text" value="25"/>

CONTROL DEL SISTEMA REDUCCIÓN OXIDACIÓN
MOTOR IMPULSOR (M 30)

	VELOCIDAD	VALOR SENSOR
1	<input type="text" value="1200"/>	<input type="text" value="30"/>
2	<input type="text" value="800"/>	<input type="text" value="60"/>
3	<input type="text" value="600"/>	<input type="text" value="90"/>

MOTOR OXÍGENO (M 31)

	VELOCIDAD	VALOR SENSOR
1	<input type="text" value="900"/>	<input type="text" value="40"/>
2	<input type="text" value="700"/>	<input type="text" value="60"/>
3	<input type="text" value="600"/>	<input type="text" value="75"/>

VOLVER **PARO**

Condiciones de Funcionamiento

Modos de Funcionamiento



FIRMA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL
CONTROL DE UN EDAR

PANTALLA "R Y 02" DEL SCADA
DE CONTROL

DISEÑADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

REVISADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

Nº DE PLANO	ESCALA	Nº DE REVISIÓN	FECHA
9	NA	1	05/09/2019

INTERRUPTOR VACIADO



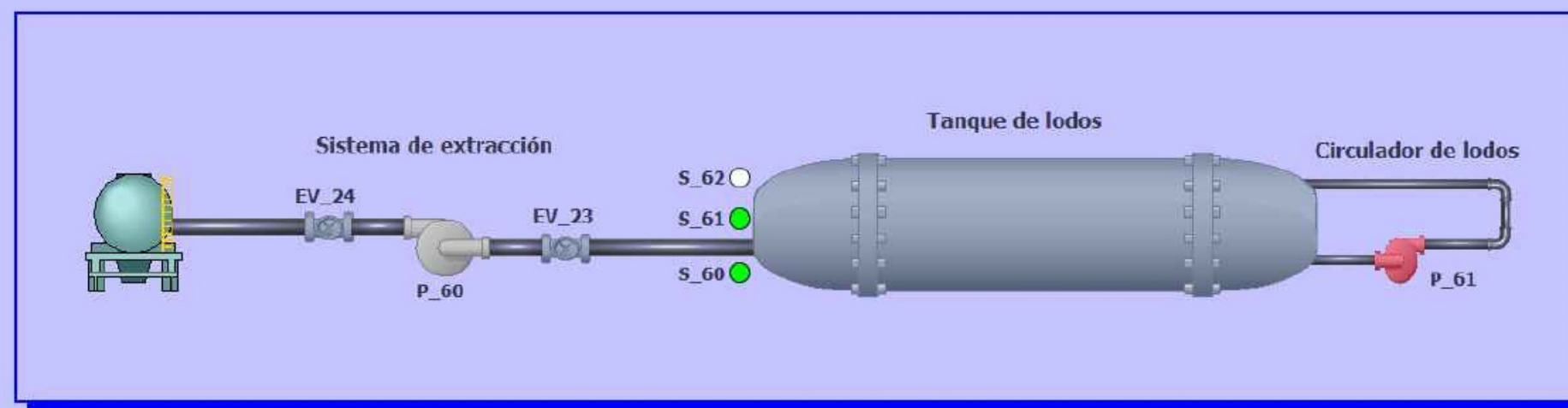
VOLVER PARO

Condiciones de Funcionamiento

Funcionamiento normal

Modos de Funcionamiento

Funcionamiento Completo



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL
CONTROL DE UN EDAR

FIRMA





PANTALLA "EXTRACCIÓN DE
LODOS" DEL SCADA DE
CONTROL

DISEÑADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

REVISADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

Nº DE PLANO	ESCALA	Nº DE REVISIÓN	FECHA
10	NA	1	05/09/2019



	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - UNIVERSIDADE DA CORUÑA				
ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE UN EDAR					
FIRMA 	PANTALLA "ARRANQUE" DEL SCADA DE CONTROL	DISEÑADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS			
		REVISADO POR POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS			
		Nº DE PLANO	ESCALA	Nº DE REVISIÓN	FECHA
		11	NA	1	28/08/2019

"ARRANQUE"

¿Seguro que desea acceder al panel de arranque?

"SI"

"NO"

"BY-PASS PRIMARIO"

¿Seguro que desea hacer un "by-pass" de los procesos primario y secundario?

"SI"

"NO"

"BY-PASS SECUNDARIO"

¿Seguro que desea hacer un "by-pass" del tratamiento secundario?

"SI"

"NO"



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE UN EDAR

FIRMA

VENTANAS EMERGENTES DE
CONFIRMACIÓN DE ACCESO

DISEÑADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

REVISADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

Nº DE PLANO	ESCALA	Nº DE REVISIÓN	FECHA
12	NA	1	05/09/2019



Empleado para las bombas P_10, P_20, P_21, P_30, P_31, P_40 Y P_41



Empleado para las bombas P_60 y P_61



Empleado para los motores M_10, M_11, M_20, M_21, M_22 Y M_32



Empleado para los motores M_40, M_41 Y M_42



Empleado para los motores M_30 Y M_31



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE UN EDAR

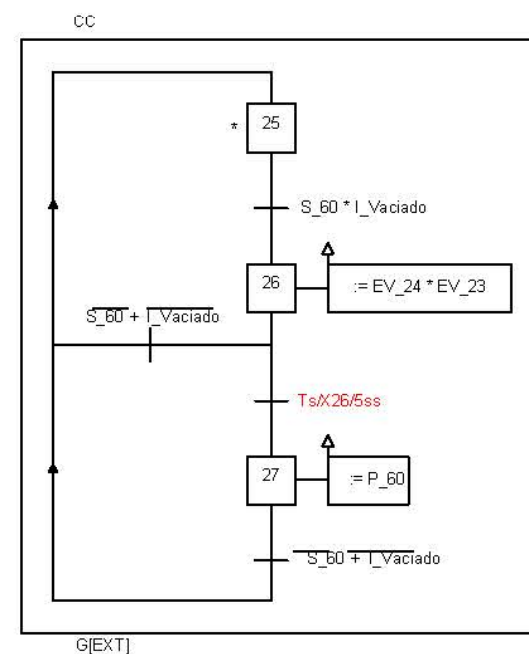
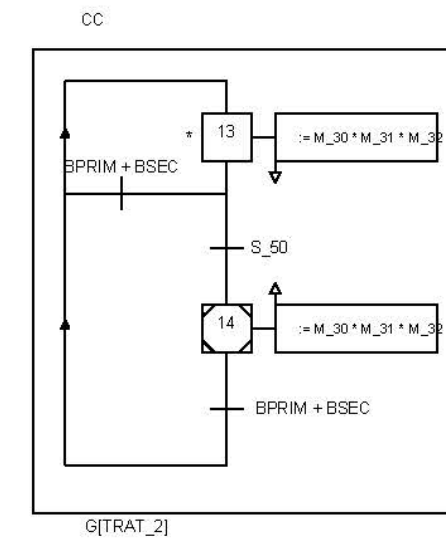
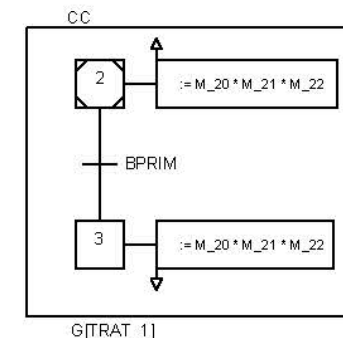
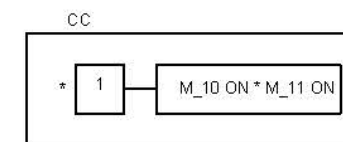
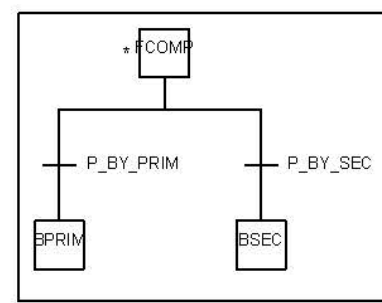
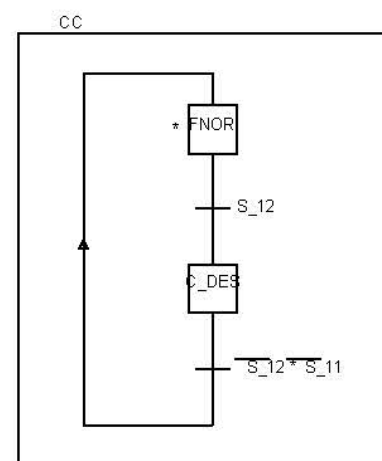
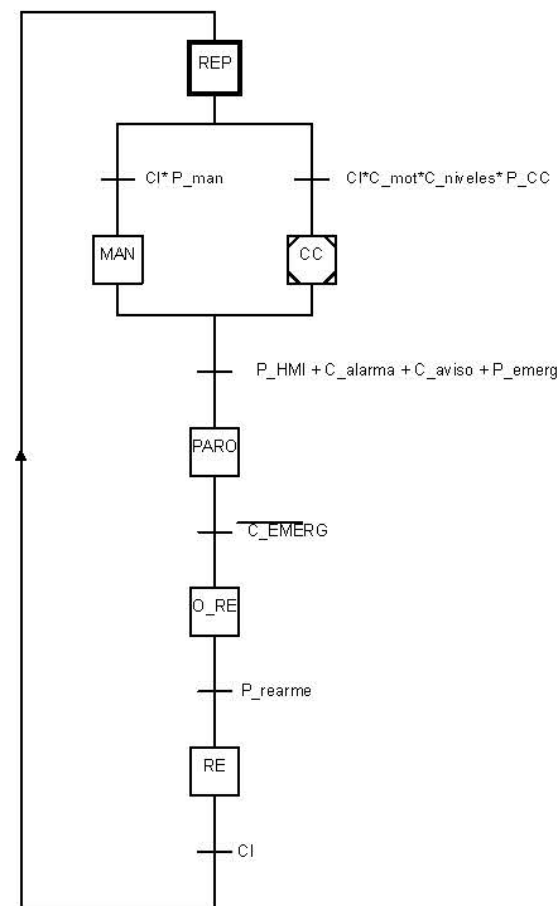
FIRMA


PANTALLAS EMERGENTES DE ARRANQUE DE EQUIPOS DE MODO MANUAL

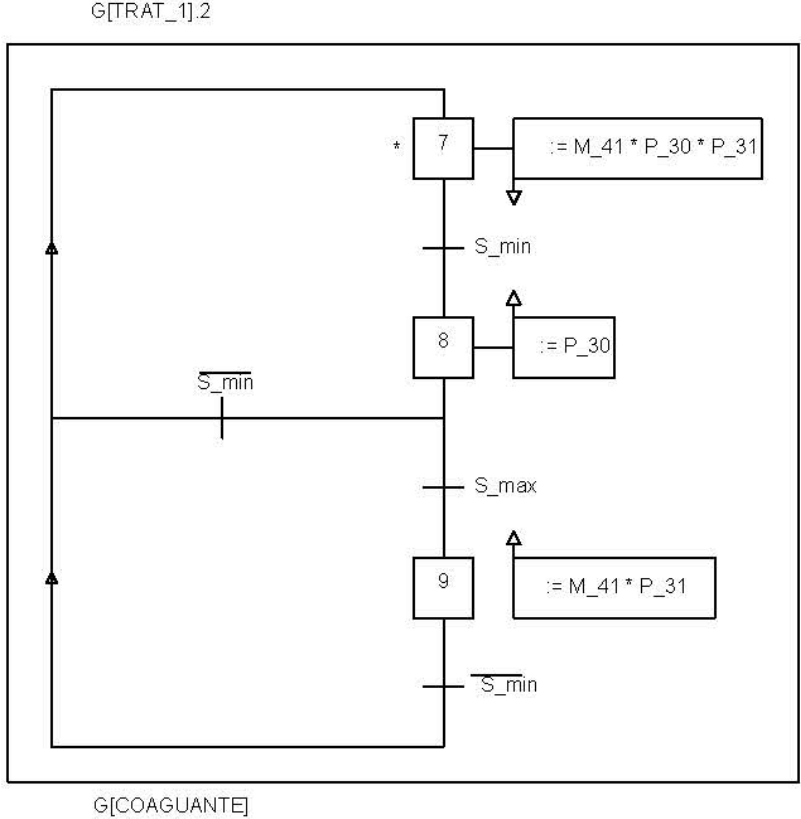
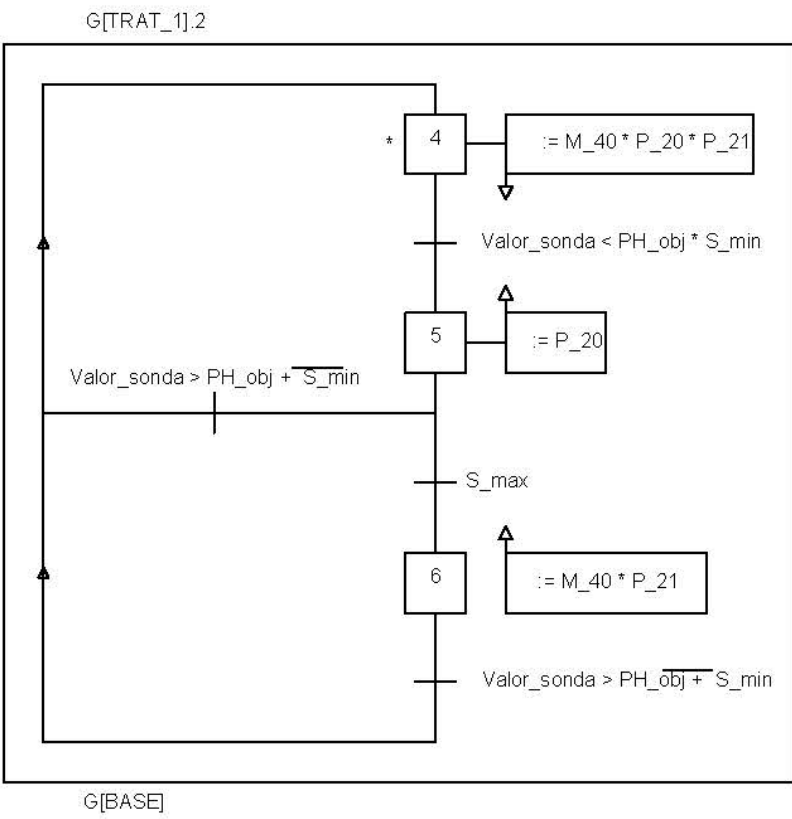
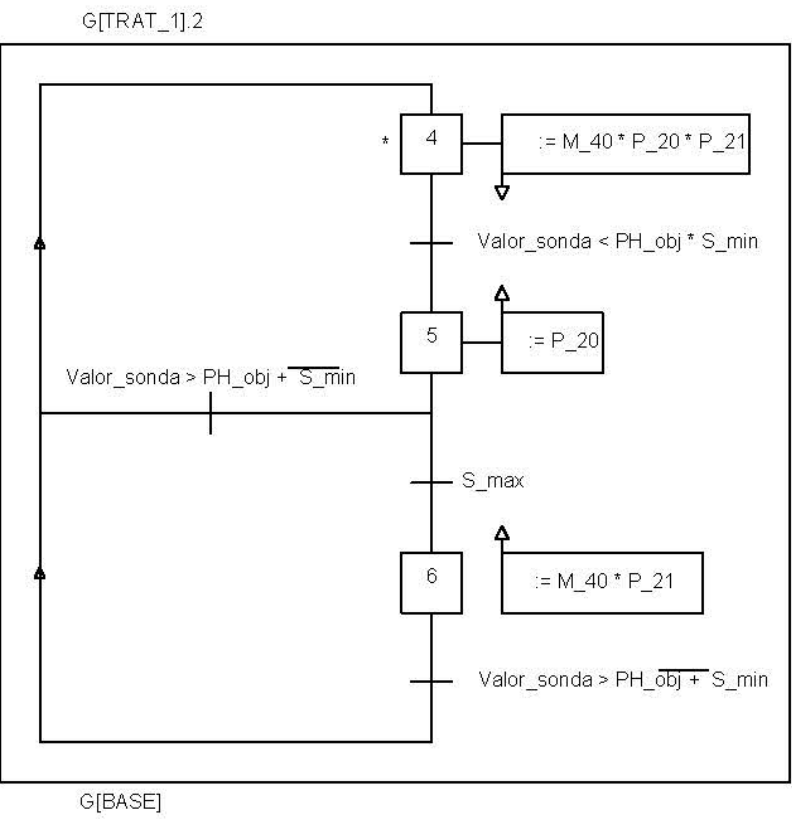
DISEÑADO POR: CARLOS FERNÁNDEZ PAZOS



REVISADO POR: CARLOS FERNÁNDEZ PAZOS

Nº DE PLANO	ESCALA	Nº DE REVISIÓN	FECHA
13	NA	1	30/08/2019

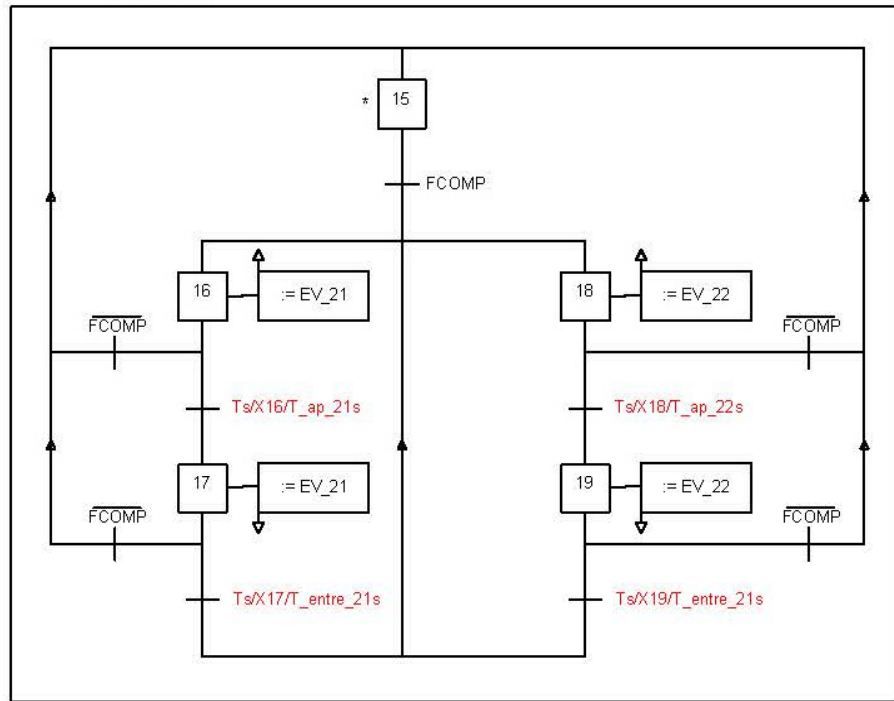


	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE UN EDAR			
	DISEÑADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS			
	REVISADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS			
	Nº DE PLANO	ESCALA	Nº DE REVISIÓN	FECHA
	14	NA	1	28/08/2019



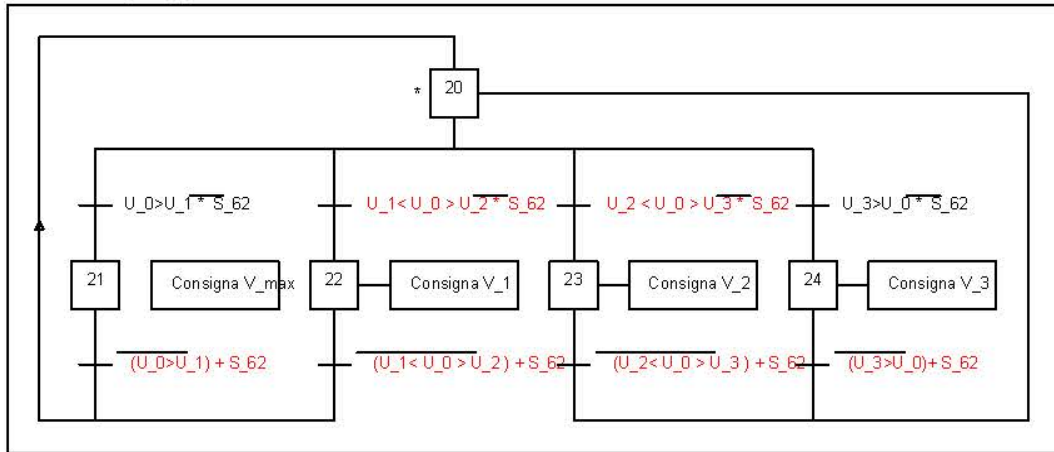
	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - UNIVERSIDADE DA CORUÑA			
	ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE UN EDAR			
	DISEÑADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS			
	REVISADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS			
	GRAFCET DE LOS SISTEMAS DE ADICIÓN DE QUÍMICOS			
	Nº DE PLANO	ESCALA	Nº DE REVISIÓN	FECHA
	15	NA	1	28/08/2019

G[TRAT_2].14



G[RECIRC_LODOS]

G[TRAT_2].14



G[REG_M]



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR - UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL
CONTROL DE UN EDAR

FIRMA

GRAFCETS DEL SISTEMA
LODOS ACTIVADOS Y
NITRIFICACIÓN-
DESNITRIFICACIÓN

DISEÑADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

REVISADO POR: CARLOS FERNANDEZ PAZOS

Nº DE PLANO	ESCALA	Nº DE REVISIÓN	FECHA
16	NA	1	28/08/2019



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2018/2019

*ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN
SISTEMA PARA EL CONTROL DE UN EDAR*

Máster en Ingeniería Industrial

Documento

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

3.1. ÍNDICE

1.	Memoria	7
1.1.	Índice.....	7
1.2.	Antecedentes	11
1.3.	Objetivo	11
1.4.	Autor y Tutores.....	11
1.5.	Promotor	11
1.6.	Estudios y Análisis Previos	12
	EDAR de Vigo Lagares.....	12
	EDAR de Baiona.....	12
	EDAR Bens A Coruña.....	12
1.7.	Descripción del proceso.....	13
	Tipificación de las aguas residuales	13
	Introducción al proceso.....	13
	Fases del proceso.....	14
1.8.	Descripción del Control y funcionamiento.....	19
	Equipos accionados en el sistema de control.....	20
	Descripción del funcionamiento del sistema de control	21
1.9.	Manual de Operación del SCADA.....	25
1.10.	ANEXO 1: ENSAYOS, SIMULACIONES Y PRUEBAS REALIZADAS	39
	Descripción del modelo.....	39
	Metodología	48
1.11.	ANEXO 2: PROGRAMA DE CONTROL, CÓDIGO Y VARIABLES	55
	Síntesis del algoritmo de control.....	55
	Codificación del algoritmo de control	56
2.	Planos	121
3.	Pliego de condiciones técnicas	141
3.1.	Índice.....	141
3.2.	Condiciones generales.....	143
3.3.	Especificaciones Técnicas en Equipos Mecánicos y Eléctricos	143
	Instalación eléctrica	143
	Tensión en la instalación	143
	Motores y Bombas	143
	Válvulas	146
	Sensores	146

Variadores de frecuencia	147
Protecciones	147
Hardware de control.....	147
3.4. Especificaciones Técnicas Constructivas	148
Circulación del fluido.....	148
Balsa de entrada.....	148
Tanques de mezclado.....	148
Colocación de los sensores	148
Válvula de aislamiento manual	148
4. Presupuesto	151

3.2. CONDICIONES GENERALES

Como se ha reflejado en el documento memoria, la planta ha sido diseñada para un tipo de efluente específico. Sin embargo, el dimensionamiento de la instalación y los equipos no es objeto de este proyecto. Por ello en este documento se detallan las especificaciones técnicas que deben cumplir los equipos a emplear en la planta. (independientemente de su potencia o tamaño) para que se pueda implementar y operar el sistema de control diseñado y se desempeñe un correcto funcionamiento del mismo.

3.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN EQUIPOS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS

Instalación eléctrica

La instalación eléctrica implementada tiene que diseñarse y ejecutarse cumpliendo las indicaciones reflejadas en este documento y en acuerdo al **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e ITC** aprobado por el real decreto 842/2002 de 2 de agosto. Pudiéndose emplear como referencia las [Normas UNE que dan presunción de conformidad con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión](#) y la [Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión](#).

Tensión en la instalación

La instalación necesita suministrar tensiones de 230, 400, y si es necesario 690V. Por lo tanto, son necesarias líneas trifásicas y monofásicas para alimentar a los diferentes equipos.

Motores y Bombas

Los motores se utilizan en bombas, agitadores verticales y de corriente, aireadores y en los mecanismos del tamizador, el desarenador y los decantadores primario y secundario. A continuación, se detallan las características que deben cumplir:

BOMBA SUMERGIBLE P 10

En el pozo de entrada se emplea una bomba centrífuga sumergible (grado de protección contra el agua IP8) que admita gruesos de dimensiones iguales a las eliminadas por la última reja situada en la balsa de entrada. De este modo se evitará dañar la bomba y se podrá suministrar el efluente al resto de la planta con seguridad.



Figura 24: Bomba sumergible EBARA DMLEU. Admite sólidos de 3" y bombea un caudal de 1345 galones por minuto.

En este tipo de mecanismos, el motor está alojado en un compartimento estanco, así como los cables de alimentación.

MOTORES EMPLEADOS EN DESARENADOR, TAMIZADOR, DECANTADORES Y BOMBAS P 60 Y P 61

Para estos equipos se emplean motores asíncronos trifásicos, cuyo dimensionamiento depende de los requerimientos del equipo o la bomba a los que estén acoplados. Su protección mínima debe ser una IP 54 ya que estarán colocados en el exterior y expuestos a las salpicaduras, el agua de lluvia y el polvo ambiental.

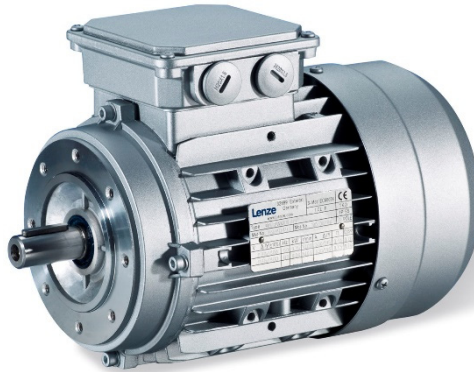


Figura 25: Motor asíncrono trifásico

BOMBAS P 60 Y P 61

Estas bombas son de tipo centrífugo.

BOMBAS DOSIFICADORAS DE LOS SISTEMAS DE REGULACIÓN DE PH COAGULANTE Y FLOCULANTE

Estas bombas deben poder ser regulables remotamente con una señal de control de 4 a 20 mA y manualmente a través de una pantalla integrada. Su regulación consistirá, tal y como se detalla en el [Manual de Operación del SCADA](#), [Control PH](#), en regular el caudal de inyección de químico entre el 0 y el 100% del caudal nominal que la bomba puede suministrar. Este equipo es el que, gracias a esta consigna analógica, regula la velocidad de giro necesaria a desarrollar por el motor para aportar ese caudal.



Figura 26: Bomba dosificadora grundfos Smart Digital DDC

Estos equipos tienen que colocarse en un lugar cubierto y cerrado de tal manera que no sean expuestos a las condiciones del exterior.

AGITADORES VERTICALES

Los agitadores verticales se emplean en los tanques de mezclado de coagulación y floculación y en los mezcladores de los sistemas de aportación de químicos. Estos equipos constan de un eje provisto de palas removedoras acoplado a un motor de jaula de ardilla directamente o empleando una caja reductora. En este caso se emplean removedores comerciales donde el conjunto agitador – motor es compacto

El motor de estos agitadores no está en contacto directo con el agua, de tal manera que no es necesario un compartimento estanco que lo aloje.



Figura 27: Agitador SULZER gama SALOMIX®

AGITADOR DE CORRIENTE

El agitador de corriente se emplea en el canal de oxidación, para acelerar el flujo en la zona anóxica y que el agua circule por el canal. Este equipo está sumergido, con lo que se recurre a un agitador comercial compacto que garantice la estanqueidad del motor.



Figura 28: Agitador acelerador de corriente Grundfos gama AMD

AIREADOR

Este equipo se emplea en la zona de inyección de oxígeno del canal de oxidación. El tipo de aireador a emplear es un conjunto compuesto de un motor sumergible, soplante, bomba y mezclador en la misma unidad compacta. Su funcionamiento está basado en el giro de un rotor acoplado al motor que genera un vacío de tal manera que el aire procedente del tubo conectado a la atmósfera se reparte entre los conductos del estator formando finas burbujas.



Figura 29: Aireador SULZER ABS XTA/XTAK

Válvulas

Las válvulas en esta instalación tienen como objetivo el paso o el cierre del flujo del fluido, y en ningún caso se emplean como reguladoras de caudal. De tal modo que deben ser seleccionadas según este criterio.

El mecanismo que se emplee para accionar la válvula no se especifica, teniendo como única condición que debe estar preparado para su control remoto a través de una señal analógica en voltaje o corriente e incluir un volante para su cierre manual.

Sensores

SENSORES DE NIVEL

Los sensores de nivel serán de flotador

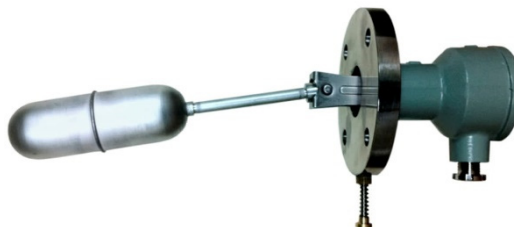


Figura 30: Sensor de flotador

SONDAS

Las medidas Redox y Ph se realizan con sondas de respuesta lineal. En el caso de la temperatura se emplea una sonda Pt100.

SENSOR DE NIVEL DE OXÍGENO

La medida de oxígeno disuelto se realiza mediante un sensor de tipo óptico para evitar el ruido en la señal generado por las burbujas de aire.

Variadores de frecuencia

La comunicación con los variadores de frecuencia empleados se realiza a través de tres entradas digitales (0=0V, 1=24V) y una entrada analógica que envía la consigna de velocidad desde el autómatas. El variador empleado es el Siemens Micromaster 420, pero en caso de que las potencias de los motores sean superiores a las admitidas por este modelo se aconseja el uso de una gama superior de variadores de frecuencia Siemens que permita este tipo de comunicación.



Figura 31: Variador de frecuencia Siemens Micromaster 420

Protecciones

Las protecciones eléctricas, además de diseñarse en arreglo a la legislación mencionada en el apartado [Instalación eléctrica](#) deben incorporar los siguientes elementos:

- Los motores M_10, M_11, M_20; M_21, M_22, M_32 y las motobombas P_10, P_60 y P_61 tendrán que tener una protección con un contacto auxiliar normalmente abierto en el relé térmico que se lleva a una entrada del PLC.
- Los conjuntos de agitador y bombas de los sistemas de aportación de químicos tendrán un térmico que disparará parando todo el conjunto. Este también contará con un contacto auxiliar llevado a una entrada del PLC.

Hardware de control

El hardware empleado para ejecutar el programa de control y el HMI es el autómatas programable PLC Siemens SIMATIC S7 1200 CPU 1214 ACDC Rly. Para ampliar las entradas y salidas analógicas y digitales se ha empleado otro autómatas Siemens 1200 pero puede ser substituido por módulos de entradas y salidas.



Figura 32: PLC Siemens SIMATIC S7 1200

El SCADA de control se puede visualizar en una pantalla a través de un PC.

3.4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS

Circulación del fluido

En el diseño de distribución en planta y cotas de los diferentes equipos se tiene que tener en cuenta que el fluido debe pasar de unos a otros por efecto de la gravedad, y que el único bombeo se realiza en el pozo de entrada.

Balsa de entrada

La balsa de entrada tiene que terminar en un canal con enrejados antes de llegar a la válvula de entrada al pozo de admisión.

Tanques de mezclado

El control de la aportación de químicos está diseñado para un sistema donde el tanque de mezclado tenga una capacidad menor que el depósito de almacenamiento de la disolución. Se aconseja que este tanque tenga un volumen entorno a un 5% del tamaño del depósito.

Colocación de los sensores

Los sensores de ph y temperatura se colocan en la superficie del tanque de mezclado de coagulación, situándose la sonda de Ph a una cierta distancia del tubo de inyección de base para que la lectura sea fiable.

El sensor redox se coloca en la zona anóxica del canal de oxidación y el sensor de oxígeno disuelto se coloca en la zona de nitrificación.

Válvula de aislamiento manual

Esta válvula, no incluida en el programa de control se coloca a la entrada de la balsa de entrada para aislar la planta por completo.

Ferrol, septiembre 2019



Carlos Fernández Pazos



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2018/2019

*ESTUDIO DEL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE UN
SISTEMA PARA EL CONTROL DE UN EDAR*

Máster en Ingeniería Industrial

Documento

PRESUPUESTO

4. PRESUPUESTO

CAPÍTULO I. MANODE OBRA EN EL DISEÑO				
Nº	Descripción	Precio (€)	Medición	Importe(€)
1.1	Mano de obra documentación y diseño del layout (h)	30,00 €	50	1.500,00 €
1.2	Mano de obra diseño de software (h)	30,00 €	125	3.750,00 €
1.3	Diseño del SCADA (h)	30,00 €	100	3.000,00 €
TOTAL CAPÍTULO I				8.250,00 €

CAPÍTULO II. MATERIAL EMPLEADO EN EL DISEÑO				
Nº	Descripción	Precio (€)	Medición	Importe(€)
2.1	Ordenador Portátil	786,33 €	1,00	786,33 €
2.2	Licencia Siemens TIA Portal	1.900,92 €	1,00	1.900,92 €
TOTAL CAPÍTULO II				2.687,25 €

CAPÍTULO III. MANO DE OBRA EMPLEADA EN LA ETAPA DE PRUEBAS				
Nº	Descripción	Precio (€)	Medición	Importe(€)
3.1	Mano de obra en pruebas del sistema (h)	20,00 €	25	500,00 €
TOTAL CAPÍTULO III				500,00 €

CAPÍTULO IV. MATERIAL EMPLEADO EN LA ETAPA DE PRUEBAS				
Nº	Descripción	Precio (€)	Medición	Importe(€)
4.1	Potenciometro (0-10V)	4,69 €	4	18,75 €
4.2	Fuente DC 24 V 2A	17,38 €	1	17,38 €
4.3	Motores 0,12 KW	118,16 €	2	236,33 €
4.4	Drive Micromaster 420	333,59 €	2	667,17 €
4.5	Autómata Siemens Simatic S7 1200 AC/DC Rly	454,25 €	2	908,50 €
4.6	SIMATIC S7-1200, Analog output, SB 1232	107,09 €	2	214,18 €
TOTAL CAPÍTULO IV				2.062,30 €

RESUMEN DEL PRESUPUESTO

CAPÍTULO I. MANODE OBRA EN EL DISEÑO	8.250,00 €
CAPÍTULO II. MATERIAL EMPLEADO EN EL DISEÑO	2.687,25 €
CAPÍTULO III. MANO DE OBRA EMPLEADA EN LAETAPA DE PRUEBAS	500,00 €
CAPÍTULO IV. MATERIAL EMPLEADO EN LAETAPA DE PRUEBAS	2.062,30 €
Importe de ejecución material	13.499,55 €
13% Gastos generales	1.754,94 €
6% Beneficio industrial	809,97 €
Importe de ejecución	16.064,47 €
21% IVA	3.373,54 €
Importe de la contrata	19.438,01 €

Ferrol, septiembre 2019



Carlos Fernández Pazos